




## 1. GİRİŞ

İyi bir karayolu ağının sağladığı ulaşım kolaylığı bir ülke için çok yönlü kalkınma açısından büyük bir itici güçtür.

İlk insanlar için yer değiştirme yani seyahat veya bir malın taşınması yaya ölçüleri içinde kalmışken, daha sonra hayvanlar kullanılmış ve nihayet günümüzde hızla gelişen teknoloji sayesinde şehirler hatta ülkeler arası gününbirlik seyahatler olağan hale gelmiştir.


Ancak lehte olan bu gelişmelerin olumsuz etkileri kısa zamanda görülmüş, artan trafiğin yol açtığı gecikmeler, hızla artan trafik kazaları, trafik mühendisliği biliminin önemini iyice artırmıştır.

- 
- Bu arada uygarlığın ilerlemesi zaman ve parayı ön plana çıkarmış, sürat, konfor ve ucuz ulaşım aranırken motorlu taşıt trafiğinin doğurduğu gürültü hava kirlenmesi ve kazalar rahatsız edici boyutlara ulaşmıştır.
  - Bunların sonucu olarak karayolu mühendisliği, trafik mühendisliği yanında ekonomi, istatistik, çevre bilimleri ve başka birçok bilim dalı ile ilişkili duruma gelmiştir.







## 1.1.YOL-ÇEVRE-ÜLKE İLİŞKİSİ

Bir ülkeye dengeli bir şekilde yayılmış, iyi bir yol ağının sağladığı erişebilirlik ve ulaşım kolaylığı çevre ve ülke için başlıca aşağıdaki imkânları sağlar.

- 
- Üretici malını daha çabuk ve daha uygun fiyatla pazarlama imkânı bulur.
  - Kolay ve ekonomik taşıma sonucu, her çeşit mal tüm bölgelere ulaştırılmış olur. Bu da tüketim talebini ve arzı artırmış olur.
  - İhracat imkânı artmış olur.



- 
- 
- Yatırımların tüm ülkeye yayılmasını ve kalkınmasının dengeli olmasını sağlar.
  - Büyük yerleşme merkezlerinde gidiş-dönüş hareketleri artar, bunun sonucu bölgeye canlılık gelir, sosyal gelişme ve kültür birliği sağlanır.
  - Devletçe sağlanan eğitim, sağlık, haberleşme gibi kamu hizmetleri daha yaygınlaşır. Ayrıca devlet otoritesi ve ülkenin savunma gücü artar.
  - İç ve dış turizm hızlanır.



Bunun yanında yol üzerinde oluşan trafiğin olumsuz sonuçları da vardır. Bunlar;

- Trafik kazaları
- Özellikle büyük kentlerde görülen trafik sıkışıklığı, hava kirlenmesi, gürültü, titreşim ve insanlar üzerindeki sinirsel gerginlikler
- İyi planlanmamış yolların kentin genel görünüşünü ve kentteki tarihi, turistik eserlerin görünüşünü bozması.
- İnsan, bitki ve hayvan yaşantısı ile ilgili ekolojik dengenin bozulması şeklinde sıralanabilir.

## 1.2. YOL YAPIM TEKNIĞİNİN GELİŐİMİ

Yol tekniğindeki ilk gelişmelerin M.Ö. 5000 yıllarında tekerleğin icadı ile baŐladığı kabul edilmektedir.

Tarihte ilk önemli yollara M.Ö. 3500 yıllarında Mezopotamya bölgesinde rastlanmıştır.

(1756 - 1836) J. Mc Adam (İskoçya'lı) yol yapım gereci olarak kırma taş kullanmış son zamanlara kadar kullanılan makadam tipi yol ortaya çıkmıştır.

1892 otomobilin keŐfiyle özellikle I. Dünya savaŐından sonra karayolu inŐaatı tekrar canlanmış ve yapım tekniği hızla geliŐmiştir.



Türkiye Cumhuriyeti zamanında ise muhtelif zamanlarda çıkarılan kanunlar ve kurulan örgütlerle yol yapımına önem verilmişse de 1946 yılına kadar bu konuda önemli bir gelişme olmadığı ve çalışmaların dağınık olduğu söylenebilir.

Türkiye'de gerçek anlamda modern ve planlı yol yapımının 1 Mart 1950 tarih ve 5539 sayılı kanunla Bayındırlık Bakanlığı bünyesinde kurulan Karayolları Genel Müdürlüğü - KGM örgütünün kurulması ile baŐladığı kabul edilebilir.



### 1.3. ULAŖTIRMA VE ULAŖTIRMA SİSTEMLERİ

**UlaŖım:** insanların ve eŖyaların amaca yönelik yer deęiŖtirmeleridir. Bu yer deęiŖtirmenin sağlanması da ulaŖım olarak tanımlanır.

UlaŖtırma, ilgili altyapının türüne göre aŖaęıdaki gibi sınıflandırılabilir.

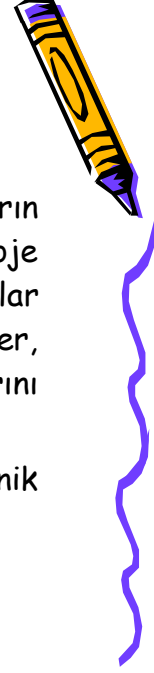


### 1.4. Türkiye'de Karayolu Yapım Ve Bakım Örgütü

Ülkemizde otoyollar, devlet yolları, il yolları 1950 yılında Bayındırlık Bakanlığı bünyesinde kurulan Karayolları Genel Müdürlüğünün (KGM) sorumluluğundadır. Köy yolları ise Köy İŖleri Bakanlığı bünyesindeki Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından planlanır, yapılır ve bakım altında tutulur. Ayrıca Orman yollarının planlanması, yapımı ve bakımı ise Orman Bakanlığı tarafından yürütülür.

## 1.5. KGM'nin Başlıca Görevleri

1. Otoyol, Devlet ve İl yolları ağına giren yolların güzergahlarını belirler. Gerekirse etüt ve proje yapar, yaptırır. Hazırlayacağı programlar uyarınca yol ve köprüleri inşa ve ıslah eder, onarır ve güvenle kullanılmaları için bakımlarını sağlar.
2. Yol yapım, bakım ve onarım hakkında teknik koşulları belirler.



3. Yolların kullanımına ilişkin esas kuralları koyar, yürütür ve yol işaretlerini tesis eder.
4. İşlerin yapılması için gerekli her türlü kamulaştırma, satın alma, geçici işgal etme gibi işleri yapar.



## 2.1. Karayolu ile İlgili Tanımlar

**Karayolu**, her türlü taşıt ve yaya ulaşımı için kamunun yararlanmasına açık olan arazi şerididir.

Karayolu ulaşım amacı ile tek başlarına veya birlikte kullanan motorlu ve motorsuz taşıtlar ile yayaların yol üzerindeki hareketleri ise **Karayolu trafiğini** oluşturur.

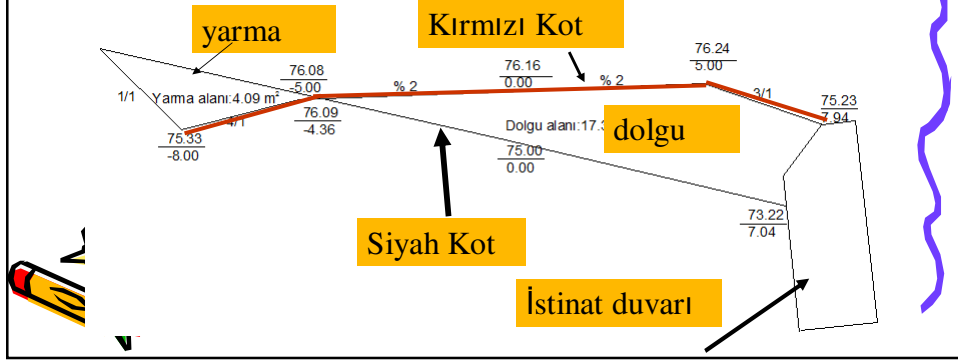


Bir yolun arazi üzerinde izlediği doğrultuya bu yolun **güzergâhı (geçkisi)** denir. Yolun yapımına başlamadan önce geçki boyunca yeterli genişlikteki arazi şeridinin kamulaştırılması gerekir. İşte yol geçkisi boyunca uzanan ve her iki yandaki sınırları ile belirli olan bu alanın genişliğine **kamulaştırma genişliği** denir.



**Siyah Kot:** Yol boy kesitinde arazinin oluşturduğu çizgiler, siyah çizgi diye anılır ve bunun üzerindeki herhangi bir nokta ise siyah kottur.

**Kırmızı Kot:** Yol boy kesitinde kaplamanın en üst herhangi bir noktasının kotudur.



Siyah kottan kırmızı kota geçmek için, yol en kesitinde bazı yerler kazılır, bazı yerler doldurulur. Bu işleme **toprak işi** denir. Doğal zeminin düzeltilmesi işlemine uygulamada **tesviye** denir. Toprak işi sonunda ortaya çıkan yüzey **tesviye yüzeyidir**. Tesviye yüzeyinin uygun enine ve boyuna eğim verilerek tekrar düzeltilmesi işlemine de **ince tesviye (reglaj)** adı verilir. Reglajı yapılmış bir yol üstyapı inşasına hazırdır.



Yolun toprak işi sonunda daha önceden belirlenmiş kot ve en kesit şekline getirilmiş kısmına **altyapı** denir. Menfez, drenaj tesisleri ve istinat duvarı gibi sanat yapıları da altyapı içine girer.

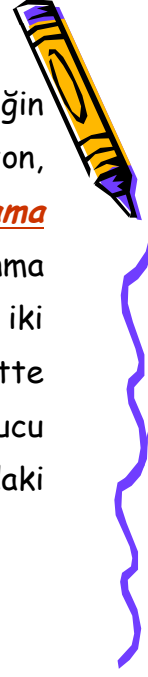
Yolun, trafik yüklerini taşımak ve bu yükü taban zeminin taşıma gücünü aşmayacak şekilde taban yüzeyine dağıtmak üzere altyapı üzerine inşa olunan ve alt temel, temel, kaplama tabakalarından oluşan kısmı **üst yapı** olarak tanımlanır.

Alt yapı ve üst yapıdan oluşan yol gövdesinin oturduğu doğal zemin ise **yol tabanıdır**.

**Alt temel tabakası**, tesviye yüzeyi üzerine serilen ve genellikle kum, çakıl, taş kırığı, yüksek fırın cürufu gibi daneli malzemeden (granüler malzeme) inşa olunan tabakadır. Bu tabakanın teşkili ile daha pahalı malzemeden inşa olunan temel tabakasının kalınlığı azaltılmış ve ekonomiklik sağlanmış olur. Taban zeminin durumuna göre bazı hallerde bu tabakanın teşkilinden vazgeçilebilir.

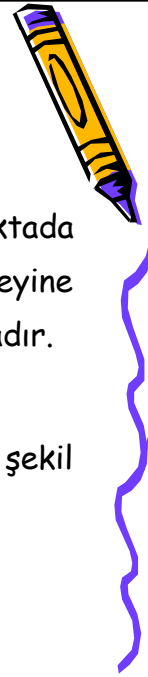
**Temel tabakası**, alt temel ile kaplama tabakası arasında yerleştirilen ve granülometrisi ile diğer özellikleri belirli olan doğal kum, doğal çakıl veya kırmataş ile az miktarda bağlayıcı malzemeden oluşan tabakadır.

Temel tabakası üzerine inşa olunan ve trafiğin doğrudan temas ettiği, bitümlü karışımlar, beton, parke vb. malzeme ile yapılan tabakaya da **kaplama (döşeme)** adı verilir. Görevi düzgün bir yuvarlanma yüzeyi temin etmek olan bu tabaka bir veya iki tabaka halinde inşa olunur. Bunlardan en üstte bulunan tabaka, trafiğin ve iklim koşullarının bozucu etkilerine karşı **aşınma tabakası** bunun altındaki tabaka ise **binder tabakası** olarak tanımlanır.



**Esnek kaplama:** Taban yüzeyi ile her noktada teması olan ve kendisine gelen yükü taban yüzeyine yayan bir üst yapı şeklindedir. Asfalt bu tip kaplamadır.

**Rijit Kaplama:** Taşıt trafiği altında şekil değiştirmeyen yol kaplamasıdır. (Beton)



**Bitüm:** Bir petrol ürünüdür. Siyahtan koyu kahverengiye değişir. Yapıştırıcı özelliği olan sıvı veya katı haldeki maddedir.

**Kırma taş:** Temel tabakasında kullanılan doğal dere çakılı yada kaya parçalarının konkasörle kırılmasıyla elde edilir.

**Mıcır:** Tek boy kırılmış köşeli taş malzemedir.





Yol kaplamasının iki yanında kaplamaya bitişik ve kaplama kenarı ile şev başı arasında kalan kısma **banket** denir.

Yolun enine yönde kaplama ile banketlerden oluşan bölüntüsüz kısmına **platform** denir. Platform kent içi yollarda yaya kaldırımları veya röfuj kenarı ile kent dışı kırsal yollarda ise hendek ve dolgu şevi başları ile sınırlanmıştır.

**Drenaj:** Yolu kar, yağmur, dolu, sel, su baskını gibi yerüstü ve yer altı sularından korumak amacıyla suyun kontrol altına alınıp uzaklaştırılmasını sağlayan sistemlerdir.

**Menfez:** Sürekli olarak akan yada yağışlar sonucu oluşan küçük akarsuların yol gövdesinin bir tarafından diğer tarafına geçirmek için kullanılan yapılardır.



**MENFEZ**





**Menfez**, akarsuları yolun altından geçirmek için 10 m. açıklığa kadar yapılan tesislerdir.

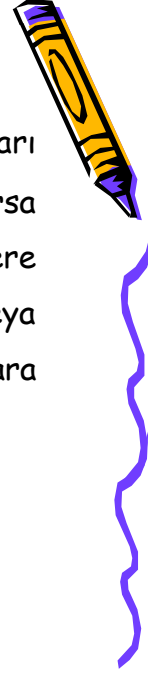


**Hendek**, yolun yanına kesimlerinde banket ile yarma şevi arasında uzanan ve yarma şevi ile yol platformuna gelen yağış sularının toplanıp aktığı kanaldır. Bunlara **kenar hendek** veya **yan hendek** de denir. Bu hendekler üçgen ya da yamuk kesitli olurlar. Derinlikleri bölgenin yağış durumuna göre değişir ve genellikle 0,30m ile 0,75m arasında kalır. Hendeğin banket tarafındaki iç şevi için 1/3 ve 1/4 yarma tarafındaki şevi için 1/1 en çok kullanılan şev eğilimleridir.





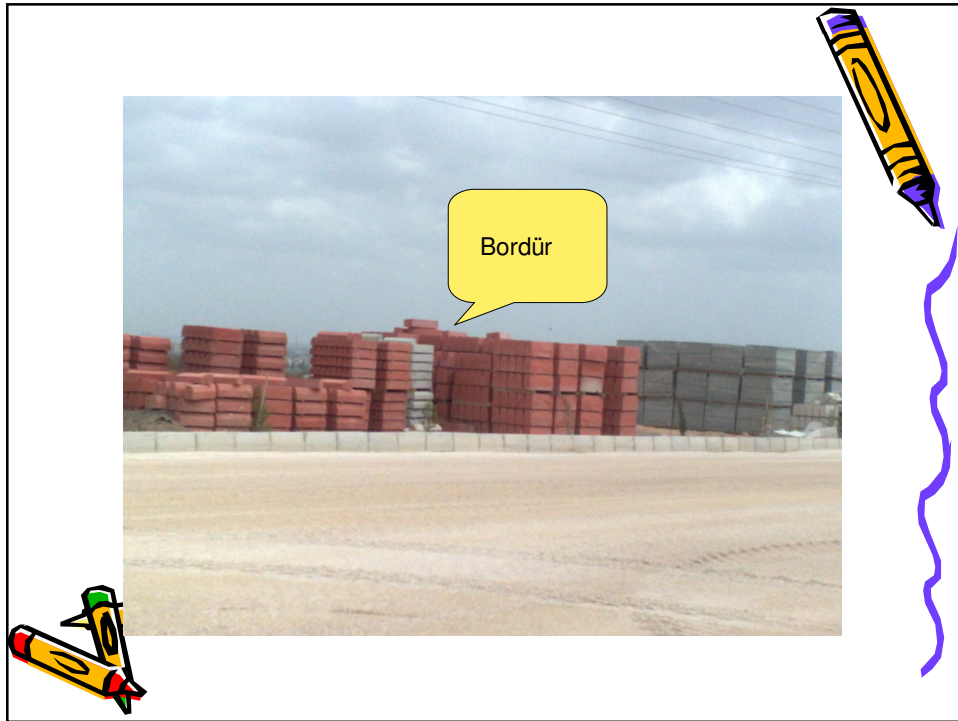
Yarmalarda, yamaçlardan akan yağış suları erozyon yolu ile şevin bozulmasına neden oluyorsa şev üst noktasından bir miktar geride olmak üzere tesviye eğrisi hattına paralel olarak yine üçgen veya yamuk kesitli olmak üzere hendekler açılır. Bunlara da kafa hendeği adı verilir.




**Bordür**, kent içi yollarda kaplama ile daha yüksek katta bulunan veya kaldırım arasına veya kaplama ile orta rölüf arasına yerleştirilen genellikle taş ya da betondan yapılmış kenar taşı mahiyetindeki yol elemanıdır.

Yine kent içi yollarda, kaplama ve yaya kaldırımı üzerine düşen ve enine eğimden dolayı bordür kenarında biriken yağış sularının yol boyunca kolayca akması için bordür ile kaplama arasına yapılan enkesit kısmına **bordür oluğu (kanivo)** denir.

Bordür kenarında birikip oluk boyunca akan yağış sularının yola ve yol temeline zarar vermeden kanalizasyon veya yağmur suyu drenaj şebekesine akmasını sağlayan yapılara da **rögar (baca)** adı verilir.








Bir dolguda platformun dış kenarı ile doğal zemin, yarmada ise hendek tabanı ile doğal zemin arasındaki eğik yüzey bu dolgu ve yarmanın **şev'idir**. Şev eğimini belirlerken zeminin özelliği ve dolgu ve yarmanın yüksekliği dikkate alınmalıdır. En çok kullanılan dolgu şevleri  $2/3$ ,  $1/3$  ve  $1/4$  olmakla beraber dolgu yüksekliğine göre değişir.

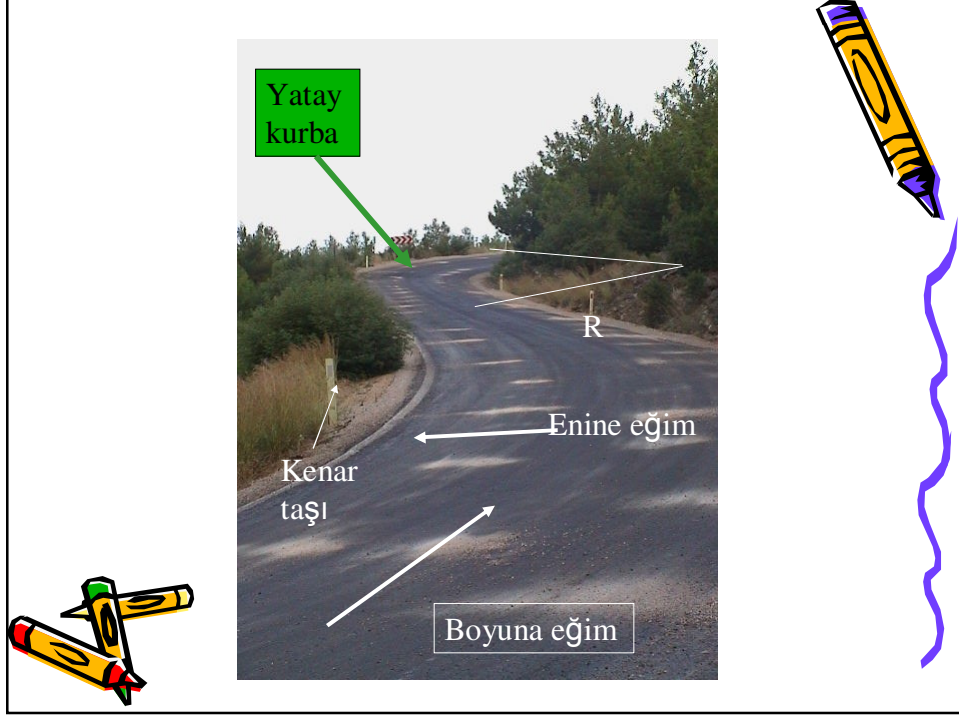
**Şev kazığı:** Dolgu ve yarma şevlerinin doğal zemini kestiği noktaları belirlemede kullanılan kazıklardır.



Yol yüzeyini yağış sularından korumak için yol enkesitinde eksenden dışa doğru verilen eğime **enine eğim** denir. Enine eğimin değeri yağmur sularının miktarına ve yol kaplama cinsine bağlı olarak değişir. Ancak asfalt kaplamalar için bu değer 0,02 olarak tavsiye edilmektedir.

Yol ekseni boyunca verilen eğim de **boyuna eğim** olarak tanımlanır. Boyuna eğimi sınırlayan başlıca faktörlerse yol sınıfı ve arazinin topoğrafik yapısıdır. Standartı yüksek yollarda ve düz arazilerde boyuna eğim az tutulur. Yine drenaj amacıyla yola minimum % 0,03 ile % 0,05 arasında bir boyuna eğim verilmelidir.





Yol kaplamasının ortasından geçtiği varsayılan çizgiye **yol akseni** denir. Bölünmemiş yollarda karşı yönden gelen trafiğin kullanabileceği yol kısmını göstermek amacı ile yol üzerine çizilen boynuca doğrultudaki çizgiye de **ksen çizgisi** adı verilir.



BÖLÜNMEMİŞ YOL



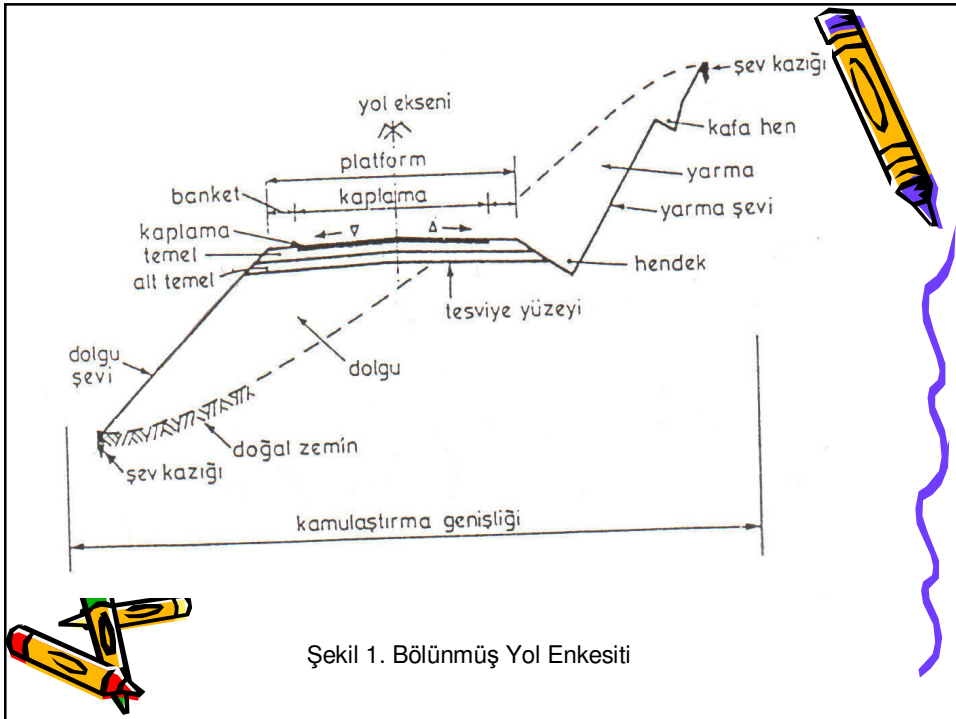
BÖLÜNMÜŞ YOL



**Korkuluk:** Taşıtların yoldan çıkmasını önlemek veya bölünmüş yollarda platformları ayıran engellerdir.

**Kenar taşları:** Güvenlik gerekçesi ile platformun kenarlarını belirtmede kullanılan işaret elemanlarıdır.

Yolun yatay bir düzlem üzerindeki izdüşümü **plan** olarak tanımlanır. Plan üzerinde yol ekseninin düz giden kısımlarına **aliyman** eğri giden kısımlarına da **kurb** denir.



Şekil 1. Bölünmüş Yol Enkesiti



**Kapasite:** Üniform kabul edilen bir yol kesiminde hakim yol ve trafik koşulları altında belli bir zaman periyodunda (genellikle bir saat) geçebilecek maksimum araç veya yolcu sayısıdır.

**Trafik hacmi:** Bir yoldan veya şeridinden birim zamanda (saat, gün, yıl) geçen araç yada taşıt sayısıdır.

**Trafik yoğunluğu:** Herhangi bir anda yolun birim uzunluğundaki taşıt sayısıdır.

**Trafik sayımı:** Bir yolun herhangi bir noktasında belli bir süre içinde geçen taşıtların sayılıp kaydedilmesidir.



### Bölüm 3

#### TAŞIT HAREKETLERİ VE KARAYOLU TRAFİĞİ

**Reaksiyon süresi:** Sürücünün veya yayanın herhangi bir kararı uygulaması için geçecek zamandır.

**Reaksiyon uzunluğu:** Reaksiyon süresinde alınan yoldur.

**Duruş süresi:** Sürücünün durma gereğini hissettiği an ile taşıtın frenleme sonucu tam olarak durduğu an arasında geçen süredir.



**Görüş Uzunluğu** : Direksiyon başındaki bir sürücünün ileri istikamette net olarak görebildiği yol uzunluğudur. (Trafik güvenliği için proje aşamasında, yatay ve düşey kurba tasarımında kullanılır)



## GÖRÜŞ UZUNLUĞUNU ETKİLEYEN FAKTÖRLER

- Sis, yoğun kar, yağış gibi atmosferik özellikler,
- Düşey kurbalardaki tepe noktalar,
- Yatay kurba içerisindeki bir yapı, ağaç veya yarma şevi.

## DURUŞ GÖRÜŞ UZUNLUĞU

- Taşıt sevk eden bir kişinin hareket şeridi üzerinde bulunan bir engele çarpmadan durabilmesi için gereken minimum görüş uzunluğudur.
- Uygulamada bu mesafeye fren emniyet mesafesi veya duruş uzunluğu denir.



## DURUŞ GÖRÜŞ UZUNLUĞU

- İki ayrı uzunluktan oluşur:
  - 1) Sürücünün gördüğü engeli tanınması, değerlendirmesi ve alınacak önlemi belirleyip fren yapması süresi içinde (intikal-reaksiyon süresi) boyunca alınan yol (reaksiyon uzunluğu)

$$L_r = V \times t_r$$

V= hız (m/sn)

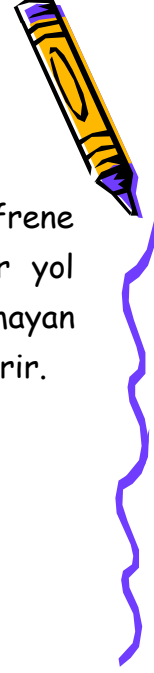
$t_r$ = intikal ve reaksiyon süresi (sn)





## DURUŞ GÖRÜŞ UZUNLUĞU

2. **Fren uzunluğu** : Taşıt tekerleklerinin, frene basıldığı andan tamamen duruncaya kadar yol üzerinde aldığı mesafedir. ABS olmayan araçlarda siyah bir fren izi ile kendini gösterir.



## Fren uzunluğu

Hareket halindeki taşıtın frenlenen tekerleklerine isabet eden ağırlık  $W$  (kg), taşıt hızı  $V$  (m/sn), yolun eğimi  $s$  (% olarak), tekerlek lastiği ile yol yüzeyi arasındaki sürtünme katsayısı  $f$  ve fren uzunluğu  $L_f$  ise, enerjinin korunumu kanunundan,



Taşıtın frenleme başlangıcındaki kinetik

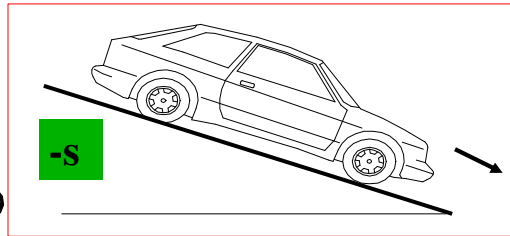
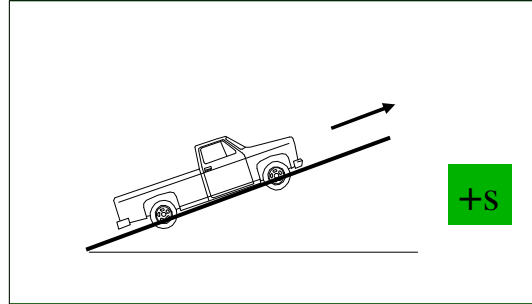
Fren izi boyunca yapılan iş

$$\left(\frac{1}{2}\right) \times (W/g) \times V^2 = W \times L_f \times f \pm W \times L_f \times s$$

$$L_f = (V^2/2g) \times (1/(f \pm s))$$

+ / -

s, eğimi çıkış halinde (+), iniş halinde (-)



## DURUŞ GÖRÜŞ UZUNLUĞU

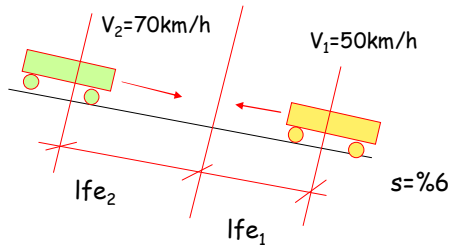
- $L_{fe} = L_r + L_f$  (Fren em. Uz. = İntikal uz.+Fren uz.)
- $L_{fe} = V \cdot t_r + (V^2/2g) \cdot (1/(f \pm s))$

$V$ (km/st) ve  $g=9,81$  m/sn<sup>2</sup> alınırsa;

$$L_{fe} = 0,278 \cdot V \cdot t_r + 0,00394 \cdot V^2 / (f \pm s)$$

Fren emniyet uzunluğu, işaretlemeye, yer tespitinde, kavşak planlamasında kullanılır.

**Örnek:** 2 motorlu taşıttan 1. %6 eğime sahip olan yolda ters şeritte 50 km/h hızla yukarı hareket etmektedir. 2.'si 70 km/h hızla karşıdan gelmektedir. Fren yapmak suretiyle çarpmayı önlemek için 2 taşıt sürücüsünün birbirlerini görmeleri gereken minimum uzunluk nedir?(Sürücülerin intikal süresi 1 sn)



$$L_{min} = ? \quad f = 0,5$$

$L_{min}$ =Her iki taşıtın fren emniyet uzunlukları toplamı olmalıdır.

$$l_{min}=l_{fe_1}+l_{fe_2}$$

$$L_{fe} = 0,278.V.t_r + 0,00394.V^2/(f \pm s)$$

$$L_{fe1} = 0,278.(50)(1) + 0,00394.(50)^2/(0,5+0,06)$$

$$L_{fe1} = 31,49 \text{ m}$$

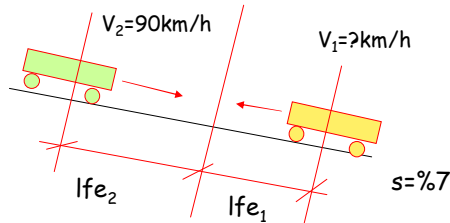
$$L_{fe2} = 0,278.(70)(1) + 0,00394.(70)^2/(0,5-0,06)$$

$$L_{fe2} = 63,34 \text{ m}$$

$$L_{min} = 31,49 + 63,34 = 94,83 \text{ m}$$



**Örnek:** Bir otobüs %7 eğime sahip olan yolda yukarı çıkarken karşı yönden 90 km/h hızla gelen bir otomobil ile aynı şeritte karşılaşmaktadır. Otobüs sürücüsü tehlikeyi önlemek için fren yapıp 8,30 m sonra durabilmiştir. Çarpışma olmaması için her iki taşıt sürücüsü birbirini kaç m önceden görmelidir?( $t_r$ : 1 sn,  $f=0,6$ ,  $s=0,07$ )





•  $L_{fe} = L_r + L_f$  (Fren em. Uz. = İntikal uz. + Fren uz.)

$$L_{f1} = 0,00394 \cdot V_1^2 / (f \pm s)$$

$$L_{f1} = 0,00394 \cdot V_1^2 / (0,6 + 0,07) = 8,30 \text{ m}$$

$$V_1 = 37,57 \text{ km/h}$$



$$L_{fe1} = 0,278 \cdot (37,57)(1) + 0,00394 \cdot (37,57)^2 / (0,6 + 0,07)$$

$$L_{fe1} = 18,745 \text{ m}$$

$$L_{fe2} = 0,278 \cdot (90)(1) + 0,00394 \cdot (90)^2 / (0,6 - 0,07)$$

$$L_{fe2} = 85,235 \text{ m}$$

$$L_{min} = 18,745 + 85,235 = 103,98 \text{ m}$$

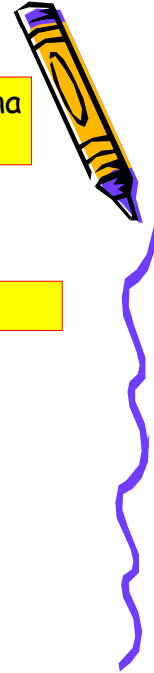

**Örnek:** Yeni inşa edilen ancak tam anlamıyla tamamlanmamış bir yolda görüş şartlarının far ışığı kullanmayı zorunlu kıldığı ortamda 70 km/h hızla seyreden bir taşıt yolun enine doğrultusunda açılmış ikaz işareti olmayan bir menfez hendeğine girmeden durabilmesi için farın en az ne kadar uzaklığı aydınlatması gerektiğini hesaplayın?(tr: 1,2 sn, f=0,5)



Minimum aydınlatma uzunluğu emniyet uzunluğuna eşit olmalıdır.

$$L_{fe} = 0,278 \cdot (70)(1,2) + 0,00394 \cdot (70)^2 / (0,5)$$

$$L_{fe} = 61,96 \text{ m}$$



**Örnek:** Yayaya çarpmak suretiyle olan kazada olay yerinde yol aracın çıkışına göre %5 eğimlidir. Fren izi 25 m ölçülmüştür. Çarpma noktası, fren izi başlangıcından 17 m uzaklıkta bulunmuştur. (tr: 0,75 sn, f=0,75)

- Yayaya çarpan taşıtın hızı nedir?
- Çarpmadan durabilmesi için hızı ne olmalıdır?



a)  $L_f = 0,00394 \cdot V^2 / (f \pm s)$

Yukarıdaki formülden V hızı çekilirse frene basıldığı andaki hız bulunur.

$$V(\text{km/h}) = 15,93(l_f(f+s))^{1/2}$$

$$V(\text{km/h}) = 15,93(25(0,75+0,05))^{1/2}$$

$$V = 71,24 \text{ km/h}$$





b)  $L_r = 0,278 \times V \times t_r$




$L_r = 0,278 \times 71,24 \times 0,75 = 14,85 \text{ m}$

14,85 m'lik intikal uzunluğu ile fren başlangıcından çarpma noktasına kadar olan 17 m'lik mesafe toplamında, yani  $(l_r + l_f) = 14,85 + 17 = 31,85 \text{ m}$  aracın fren emniyet uzunluğu olarak alınır. Buradan hesaplanacak olan hızla seyahat edilmesi halinde araç yayaya çarpmadan durabilecektir.



$L_{fe} = 31,85 = 0,278 \cdot (V)(0,75) + 0,00394 \cdot (V)^2 / (0,75 + 0,05)$

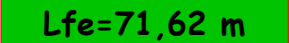


$V = 62 \text{ km/h}$

**Örnek:** Düz bir yolda bulunan bir kavşakta işaret olmadığından kazalar olmaktadır. Önlem almak için döner kavşak ikaz işareti konulacaktır. Yol proje hızı 70 km/h olduğuna göre ikaz işareti kavşaktan kaç m önce yerleştirilmelidir? ( $t_r: 1,2 \text{ sn}$ ,  $f: 0,4$ )



$L_{fe} = 0,278 \cdot (70)(1,2) + 0,00394 \cdot (70)^2 / (0,40)$



$L_{fe} = 71,62 \text{ m}$



## TAŞIT TAKİP ARALIĞI (EMNİYET MESAFESİ)

Karayolunda birbirini izleyen taşıtlar arasında emniyet için bulunması gereken mesafedir. Daha doğrusu, öndeki aracın aniden fren yapması durumunda, arakadaki aracın çarpmadan durabilmesi için gerekli olan mesafedir.

Teorik olarak en az intikal reaksiyon süresi boyunca alınan yol kadar olmalıdır!!!



$$d = a + bV + cV^2$$

$a = 5-8$  m (ortalama taşıt uzunluğu)

$b = 0,2-0,306$

$c = 0-0,0065$

$V =$  izleyen taşıtın hızı (km/st)

Ülkemizde kullanılan formül

$$d = 8 + 0,3V + 0,0065V^2$$

İhmal edilebilir

Genelde kabul gören bağıntı :  $d = 8 + 0,3V$



**Örnek:** Düz bir yolda 70 km/h hızla seyahat eden bir taşıtın önünden daha düşük bir hızla seyreden bir taşıta yaklaşabileceği min. Mesafe ne olmalıdır?

$$d = 8 + 0,3V + 0,0065V^2$$

$$d = 8 + 0,3(70) + 0,0065(70)^2$$

$$d = 60,85 \text{ m}$$

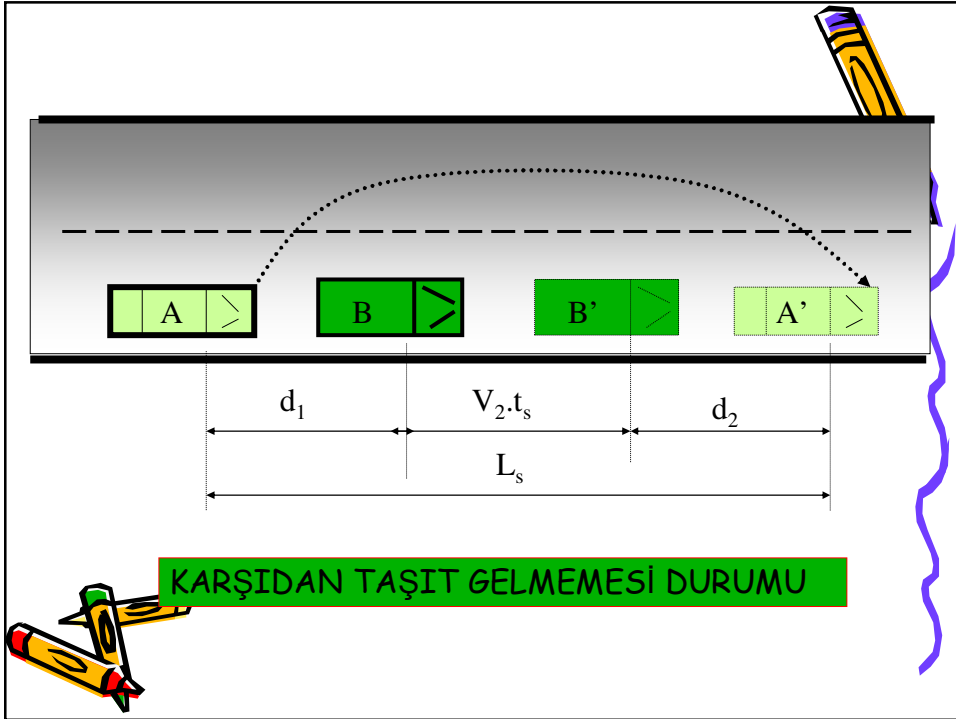


## GEÇİŞ GÖRÜŞ UZUNLUĞU

- İki ve üç şeritli yollarda, HIZLI giden taşıtlar YAVAŞ giden taşıtları sollayıp geçmek isteyecektir. Yol tasarımı yapılırken bu olanağın sağlanması gerekir; aksi takdirde kapasite düşer!
- Bir sürücünün önündeki yavaş hızla giden taşıtı güvenle sollayıp geçmesi için gerekli mesafeye **geçiş görüş uzunluğu** denir.



- $V_1$  hızı ile giden A taşıt sürücüsünün, aynı şerit üzerinde  $V_2$  hızı ile gitmekte olan B taşıtını geçme durumunu düşünelim.



## KARŞIDAN GELEN TAŞIT OLMAMASI HALİ

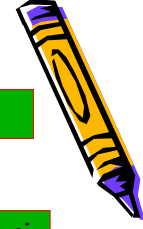
$d_1$  ve  $d_2$  emniyet mesafesi

$t_s$  = sollama süresi

A taşıtı için  $L_s = V_1 \cdot t_s$

B taşıtının katettiği mesafe  $V_2 \cdot t_s$

$$L_s = V_1 \cdot t_s = d_1 + V_2 \cdot t_s + d_2$$

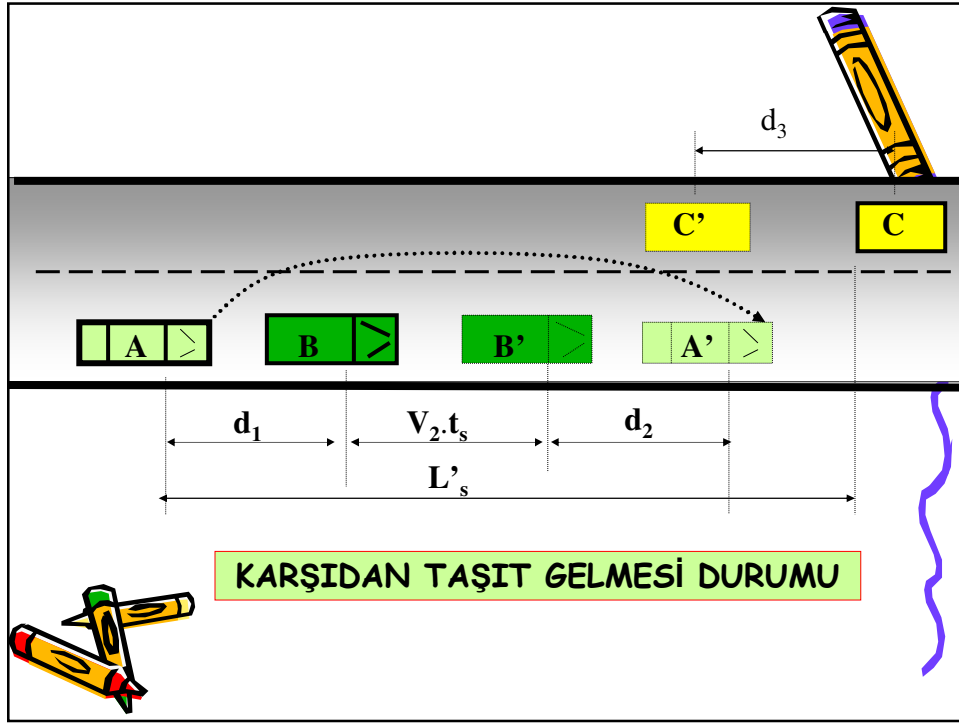


$$t_s = \frac{d_1 + d_2}{V_1 - V_2} \Rightarrow L_s = \frac{V_1 (d_1 + d_2)}{V_1 - V_2}$$

Sollama mesafesi

Sollama süresi





**KARŞIDAN TAŞIT GELMESİ DURUMU**

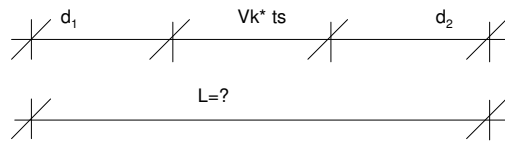
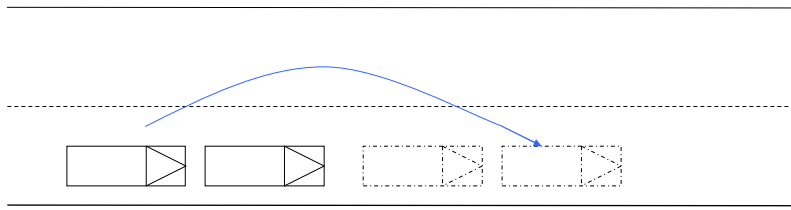
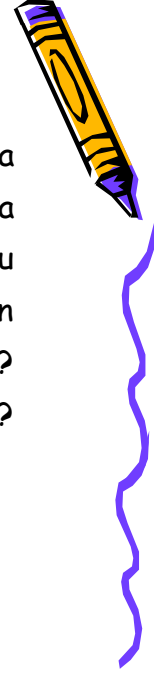
$$d_3 = V_3 \cdot t_s \quad L'_s = L_s + d_3$$

$$L'_s = \frac{V_1(d_1 + d_2)}{V_1 - V_2} + V_3 \cdot t_s$$

$$L'_s = \frac{V_1(d_1 + d_2)}{V_1 - V_2} + V_3 \cdot \frac{(d_1 + d_2)}{V_1 - V_2}$$

$$L'_s = \frac{(d_1 + d_2)}{(V_1 - V_2)} (V_1 + V_3)$$

**Örnek:** İki şeritli bir karayolunda 90 km/saat hızla seyreden bir otobüs şoförü, 65 km/saat hızla giden bir kamyonu geçmek istemektedir. Bu manevranın güvenliği bir şekilde gerçekleşmesi için komşu şeritte kaç metre boyunda boşluk gerekir? Geçiş manevrası ne kadar sürede gerçekleşir? (taşıt takip aralığı için  $d = 8 + 0,3V$ )



$$d_1 = 8 + 0,3 * 90 = 35 \text{ m}$$

$$d_2 = 8 + 0,3 * 65 = 27,5 \text{ m}$$



$$L = V_1 * \frac{(d_1 + d_2)}{V_1 - V_2} = 90 * \frac{35 + 27,5}{90 - 65} = 225 \text{ m}$$

$$L = V_1 * ts$$

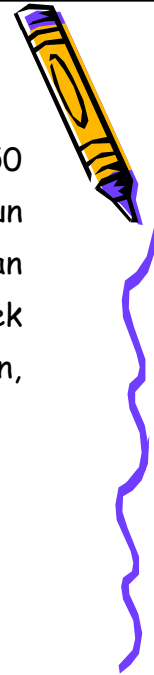
$$225 = \frac{90}{3,6} * ts$$

$$ts = 9 \text{ sn} \quad \text{veya}$$

$$ts = \frac{(d_1 + d_2)}{V_1 - V_2} = \frac{35 + 27,5}{90 - 65} * 3,6 = 9 \text{ sn}$$



**Örnek:** İki şeritli bir yolda hızları eşit  $V_2 = 50$  km/st olan iki taşıt, arka arkaya, kurallara uygun biçimde seyretmekte iken, hızı  $V_1 = 80$  km/st olan üçüncü bir taşıtın şoförü, öndeki araçları geçmek istemektedir. Bu sollamanın gerçekleşebilmesi için, ne kadarlık bir geçiş uzunluğu yeterli olabilir?



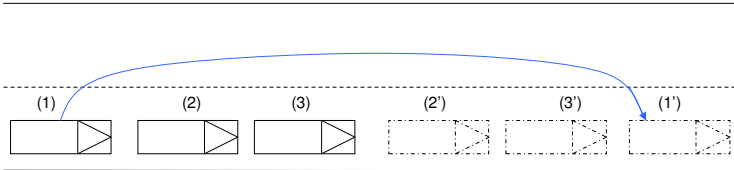
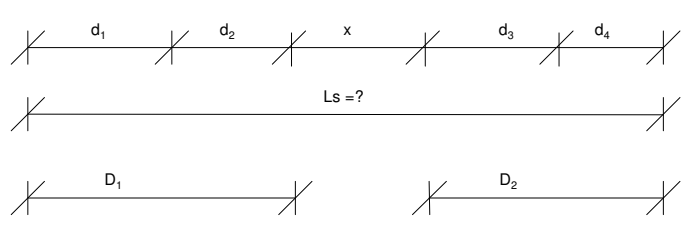


Diagram illustrating a road layout with three lanes. The lanes are labeled (1), (2), and (3). The road is divided into sections by dashed lines. A blue arrow indicates a path from the first lane to the third lane.



Dimension lines are shown below the road layout, labeled  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $x$ ,  $d_3$ , and  $d_4$ . A total length  $L_s = ?$  is indicated. Below these are two larger dimension lines labeled  $D_1$  and  $D_2$ .



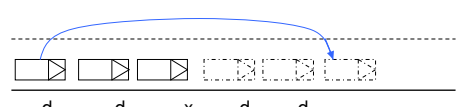
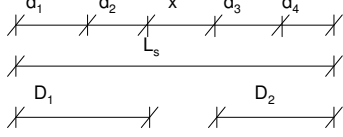






Diagram illustrating a road layout with three lanes. The lanes are labeled (1), (2), and (3). The road is divided into sections by dashed lines. A blue arrow indicates a path from the first lane to the third lane.



Dimension lines are shown below the road layout, labeled  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $x$ ,  $d_3$ , and  $d_4$ . A total length  $L_s$  is indicated. Below these are two larger dimension lines labeled  $D_1$  and  $D_2$ .

$L_s = d_1 + d_2 + x + d_3 + d_4$   
 $d_1 = 8 + 0,2 \quad V_1 = 8 + 0,2 * 80 = 24 \text{ m} \quad d_2 = 8 + 0,2 \quad V_2 = 8 + 0,2 * 50 = 18 \text{ m}$   
 $d_3 = 8 + 0,2 \quad V_2 = 8 + 0,2 * 50 = 18 \text{ m} \quad d_4 = 8 + 0,2 \quad V_3 = 8 + 0,2 * 50 = 18 \text{ m}$   
 $\sum di = 78 \text{ m}$



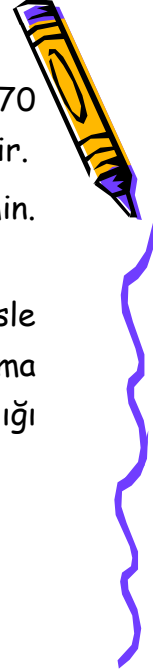
$$\frac{d_2 + x}{V_2} = \frac{x + d_3}{V_2} = \frac{\sum d_i + x}{V_1} \quad \frac{x + 18}{50} = \frac{78 + x}{80} \Rightarrow x = 82 \text{ m}$$

$$L_s = \sum d_i + x = 78 + 82 = 160 \text{ m olur.}$$



**Örnek:** 90 km/h hızla giden bir otomobil önündeki 70 km/h hızla giden traktörü sollamak istemektedir.

- Karşı şeritten hiç araç gelmediğine göre min. Sollama uzunluğu?
- Karşı yönden 80 km/h ile bir otobüsle karşılaştığına göre 2 taşıt arasında çarpışma olmaması için alması gereken min. Uzaklığı hesaplayınız.



$$d_1 = 8 + 0,3 * 90 = 35 \text{ m}$$

$$d_2 = 8 + 0,3 * 70 = 29 \text{ m}$$

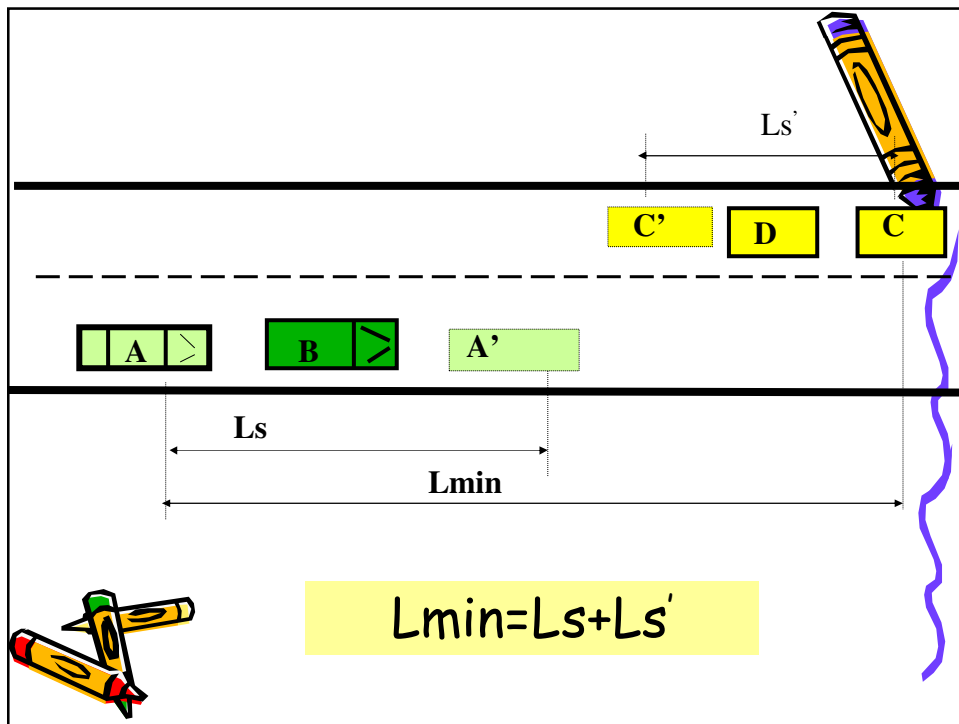
a) Sollama uzaklığı

$$L_s = \frac{V_1(d_1 + d_2)}{V_1 - V_2} = \frac{90(35 + 29)}{90 - 70} = 288 \text{ m}$$

b)

$$L_3 = \frac{(V_1 + V_3)(d_1 + d_2)}{V_1 - V_2} = \frac{(90 + 80)(35 + 29)}{90 - 70} = 544 \text{ m}$$

**Örnek:** İki şeritli ve çift yönlü bir yolda 90 km/h hızla seyreden 2 otomobil önlerinde 40 km/h ve 70 km/h hızlarıyla giden ağır taşıtları sollamak istemektedirler. Çarpışmamaları için bu hareketin başlangıcında aralarında bulunması gereken min uzaklığı hesaplayınız.



$V_1 = 90 \text{ km/h}$   $V_2 = 40 \text{ km/h}$   
 $L_s = ?$

$d_1 = 8 + 0,3 * 90 = 35 \text{ m}$   
 $d_2 = 8 + 0,3 * 40 = 20 \text{ m}$

$d_1 = 35 \text{ m}$   $d_2 = 20 \text{ m}$   
 $L_s = ((35 + 20) / (90 - 40)) * 90 = 99 \text{ m}$

$$V_1'=90 \text{ km/h } V_2'=70 \text{ km/h}$$

$$Ls'=?$$

$$d_1 = 8 + 0,3 * 90 = 35 \text{ m}$$

$$d_2 = 8 + 0,3 * 70 = 29 \text{ m}$$

$$\cdot d_1=35 \quad d_2=29 \text{ m}$$

$$\cdot Ls'=((35+29)/(90-70))*90=288 \text{ m}$$

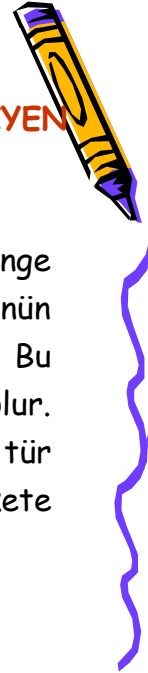
$$\cdot L_{\min}=99+288=387 \text{ m}$$



## Bölüm 4

### KARAYOLUNDA SEYREDEN ARAÇLARA ETKİYEN DİRENÇLER

Dinamikten bilindiği üzere belli bir yörünge üzerinde hareket eden cisimleri hareket yönünün tersi yönünde bir takım kuvvetler etkiler. Bu hareketler cismin hızını azaltıcı nitelikte olur. Karayolunda da hareket eden araçlara bu tür kuvvetler etki eder. Bu tür kuvvetlere harekete karşı direnç kuvvetleri denir.



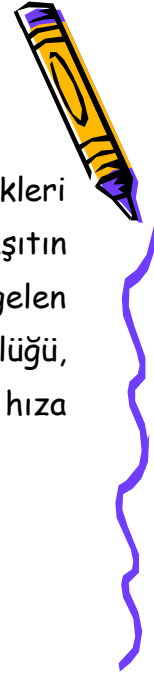
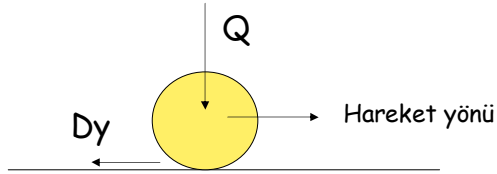
Bunlar;

- 1) Yuvarlanma Direnci,  $D_y$
- 2) Hava Direnci,  $D_h$
- 3) Eğim Direnci,  $D_e$
- 4) Eylemsizlik Direnci,  $D_a$
- 5) Kurb Direnci,  $D_k$

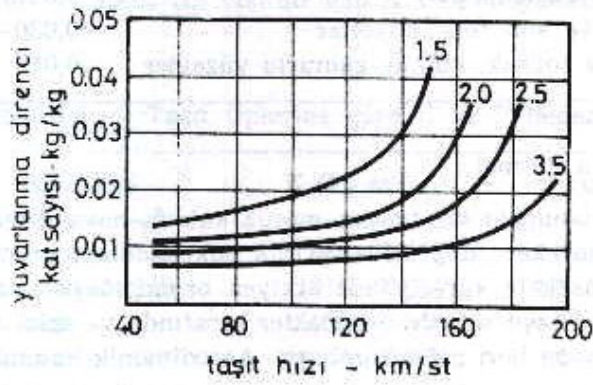


## 1. Yuvarlanma Direnci

Taşıt lastiklerinin kaplamaya temas ettikleri noktalarda meydana gelen şekil değişmesi ile taşıtın aktarma organlarına ait dişlilerde meydana gelen sürtünme sonucu oluşur. Direncin büyüklüğü, lastiklerin esneme derecesine, iç basınçlarına ve hıza bağlı olarak değişir.



- $D_y = m_0 \cdot Q$
- $D_y$ = Yuvarlanma direnci (kg)
- $Q$ = taşıtın ağırlığı (kg)
- $m_0$ = yuvarlanma direnci katsayısı (kg/kg veya kg/ton)
- Hız<50 km/st ise tablodaki değerler kullanılır;  
Hız>50 km/st ise
- $m_r = m_0 [1 - 0,01(V - 50)]$
- $m_0$ = tablodan okunan değer



Şekil 3.2. Farklı lastik iç basınçlarına göre hız - yuvarlanma direnci katsayısı ilişkisi






Yuvarlanma Direnci Katsayıları	
Kaplama cinsi	$\mu_0$ katsayısı (kg/kg)
Beton yollar ve ince dokulu asfalt kaplama	0,010-0,020
Asfalt makadam kaplamalar	0,020-0,025
Kırmataş ve çakıl kaplamalar (bütümlü bağlayıcısız)	0,030-0,040
Parke kaplamalar	0,040-0,050
Kuru ve sıkı toprak yollar	0,030-0,060
Gevşek toprak, kumlu, çamurlu yüzeyler	0,015-0,060



## 2. Hava Direnci

Hareket halindeki bir taşıtın, maruz kaldığı dirençtir. Üç bileşeni vardır:

1. Taşıtın hareket doğrultusuna dik enkesit alanı üzerine doğrudan etkileyen ve harekete karşı yönde etkiyen direnç
  2. Taşıt yüzeyinde oluşan direnç
  3. Taşıt altı ile tekerlekler etrafında ve arka tarafta oluşan hava anaforu
- 



$$D_h = \frac{K.F.V^2}{13}$$

D<sub>h</sub>= Hava direnci (kg)  
K= hava direnç katsayısı  
F= taşıtın hareket doğrultusuna dik düzlem üzerindeki alanı(m<sup>2</sup>)  
V= taşıtın hızı (km/st)  
F=0,8.b.h  
b= taşıtın genişliği h= taşıtın yüksekliği





Araç tiplerine göre hava direnç katsayıları ve alan değerleri

Taşıt Tipi	K(kgsm <sup>2</sup> /m <sup>4</sup> )	F (m <sup>2</sup> )
Yarış otomobili	0,010-0,015	1,5-2,0
Yolcu otomobili	0,015-0,030	1,5-2,6
Otobüs	0,025-0,050	4,0-6,5
Kamyon	0,050-0,070	3,0-6,0

- Hava direnci sadece rüzgarlı havalarda hesaplanır.
- Rüzgarın şiddetli olduğu durumlarda;
- Eğer rüzgar hareket yönündeyse;
- $V=(V_{\text{taşıt}}-V_{\text{rüzgar}})$
- Eğer rüzgar hareket yönünün tersiyse;
- $V=(V_{\text{taşıt}}+V_{\text{rüzgar}})$



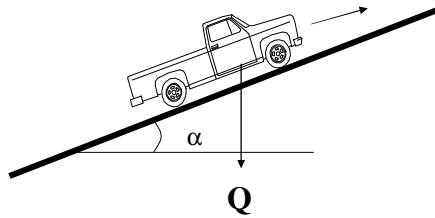
### 3. Eğim Direnci

$$D_e = Q \cdot \text{tg} \alpha$$

$D_e$  = Eğimden doğan direnç (kg)

$Q$  = Taşıtın ağırlığı (kg)

$\alpha$  = yolun yatayla yaptığı açı



$$Tg\alpha = s \text{ (eğim)}$$

$$D_e = Q \cdot s / 100$$

Eğim direnci çıkış halinde pozitif;  
İniş halinde negatif alınır



#### 4. Kurba Direnci

Yatay kurbalarda, hareket halindeki bir taşıtın ön tekerleklerinin istenilen doğrultuya çevrilmesi sırasında tekerlekler ile yol temas yüzeyi arasında oluşan dirençtir.

Kurba yarıçapı(m)	Hız (km/sa)	Kurba direnci (kg)
350	80	18
350	96	36
175	48	18
175	64	54
175	80	108



## 5. Eylemsizlik (ivme) Direnci

Hareket halindeki bir taşıtın hızının artırılması sırasında karşılaşılan dirençtir. Direncin büyüklüğü, taşıtın ağırlığı ve hızlanma ivmesine bağlıdır. Yavaşlama halinde ivme değeri negatif olacağından eylemsizlik direncide negatif olacaktır.

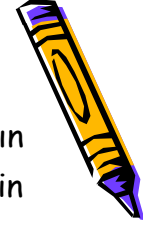
$$D_a = Q \cdot \gamma / G$$

$$G=10$$

$D_a$  = eylemsizlik direnci (kg)

$Q$  = taşıtın ağırlığı (kg)

$\gamma$  = hızlanma ivmesi (m/sn<sup>2</sup>)



## MOTORLU TAŞITLARDA GÜÇ, ÇEKME KUVVETİ VE HAREKET

- Bir motorlu taşıtın gücü:

$$G_m = Z_{tr} \cdot V$$

- $G_m$  = taşıtın motor gücü (kgm/sn)
- $Z_{tr}$  = Yürütücü (motris) tekerleklerle gelen çekme kuvveti (kg)
- $V$  = taşıtın hızı (m/sn)



Gücü HP (Buhar beygiri) ve hızı km/st  
cinsinden bağıntı

$$G_m = Z_{tr} \cdot V / 270$$

Çekme kuvveti (kg) formülden çekilirse

$$Z_{tr} = G_m \cdot 270 / V$$

Z<sub>tr</sub>, motris tekerlekleri çeviren kuvvettir. Bu kuvvetin motris tekerleklere intikali ile normal koşullarda yol yüzeyi ile tekerlek lastikleri arasındaki sürtünme sebebiyle kayma olmayacağından, dönme ve böylece hareket sağlanmış olur.

$$Z_{tr} = \eta \cdot G_m \cdot 270 / V$$

$\eta$  = verimlilik katsayısı < 1.0

Motorlu taşıtların hareket edebilmesi için ilk koşul, çekme kuvvetinin harekete karşı dirençleri yenmesidir. Yani;

$$Z_{tr} \geq \text{Toplam Direnç}$$

$$Z_{tr} = \sum D$$

$$Z_{tr} = D_y + D_h + D_a + D_k$$

## Diğer koşul:

$Q$ , toplam ağırlıklı bir taşıtın duruş halide iken motris tekerleklerine isabet eden  $Q_1$  ve tekerlek lastiği ile yol yüzeyi arasındaki sürtünme katsayısı ( $f$ ) ise,  $(Q_1 \cdot f)$  "sürtünme (aderans) kuvveti" dir

$$Q_1 \cdot f > \text{Toplam direnç}$$

Sadece arka tekerlekleri yürütücü taşıtlar için  $Q_1=2/3Q$  alınabilir.

$Q$  : Taşıt ağırlığının motris tekerlere isabet eden kısmı, aderans ağırlığı (N).

• Genellikle arka tekerlekleri motris olan

Ağır taşıtlarda  $Q_1=2/3 \cdot Q$ ,

Otomobillerde  $Q_1=1/2 \cdot Q$ ;

Arazi vitesi kullanılan taşıtlarda  $Q_1=Q$  alınır.

•  $f$  : Kayma-sürtünme katsayısı

•  $Q_1 \cdot f$  : Sürtünme (aderans) kuvveti (N)

## Taşıt hareketleri

- $Z_{tr} < \mu_0 \cdot Q < Q_1 \cdot f$  ise hiç hareket yok
- $\mu_0 \cdot Q < Z_{tr} < Q_1 \cdot f$  ise normal ilerleme
- $\mu_0 \cdot Q < Q_1 \cdot f < Z_{tr}$  ise patinajla ilerleme
- $Q_1 \cdot f < \mu_0 \cdot Q < Z_{tr}$  ise olduğu yerde patinaj

$$D_y = \mu_0 Q \text{ (yuvarlanma direnci)}$$

**Örnek:** Motoru 120 BB gücündeki bir kamyonun boş ağırlığı 3000 kg dır. Kamyon 35 km/st lik bir hızla %7 lik eğimli bir rampayı çıkacaktır. Motor randıman katsayısı 0,80 , yüzeydeki kayma sürtünme katsayısı 0,50 , yuvarlanma direnci katsayısı 0,020 kg/kg, kamyonun genişliği 2,40 metre, yüksekliği 2,80 metre, hava direnç katsayısı 0,075 dir. Kamyonun arka tekerlekleri motris olduğuna göre:

- a) Taşıtın  $Z_{tr}$  çekme kuvvetini hesaplayınız.
- b) Taşıyabileceği faydalı yükü hesaplayınız
- c) Bu yük ile kamyonun hareket edip edemeyeceğini tahkik ediniz.

$$Z_{tr} = \eta \cdot G_m \cdot 270 / V$$

a) Motor gücü ve hız belli olduğundan

$$Z_{tr} = 0,80 \cdot 120 \cdot 270 / 35 = \underline{740,57 \text{ kg}}$$

b) Dirençler:

$$D_y = Q \cdot m_0 = 0,020 \cdot Q \text{ (yuvarlanma direnci)}$$

$$D_h = 0,075 \cdot 0,8 \cdot 2,40 \cdot 2,80 \cdot (35)^2 / 13 = 38 \text{ kg (hava direnci)}$$

$$D_e = 0,07 \cdot Q = 0,07Q \text{ (eğim direnci)}$$

$$Z_{tr} = \text{Toplam Direnç} = 0,02 \cdot Q + 0,07 \cdot Q + 38 = 740,57 \text{ kg}$$

$$Q = 7806,44 \text{ kg}$$

$$\text{Faydalı yük: } 7806,44 - 3000 = \underline{4806,44 \text{ kg}}$$

c) İkinci koşul kontrol edilmelidir.

$Q1 \cdot f \geq$  Toplam direnç olmalı

$$(2/3) \cdot 7806,44 \cdot 0,5 > 740,57 ?$$

$$2602,15 > 740,57 > 156,13 \text{ hareket mümkündür}$$

$$m_0 \cdot Q < Z_{tr} < Q1 \cdot f \quad \text{normal ilerleme}$$

$$m_0 \cdot Q = 7806,44 \cdot 0,020 = 156,13 \text{ kg}$$



### Örnek:

Bir baraj şantiyesinde kullanılmak üzere kamyon satın alınacaktır. İki tip kamyon bulunmaktadır. Kamyonların özellikleri aşağıdadır:

	Genişlik	Yükseklik	Güç	Boş ağırlık (ton)	Taşıyabileceği Yük (ton)	Hava direnci katsayısı
Tip 1	2,1	2,9	170	5	20	0,055
Tip 2	2,1	3,0	200	6	15	0,043

Yol stabilize kaplı olup, yuvarlanma direnci katsayısı 20 kg/ton, maksimum boyuna eğim % 7, motor verim katsayısı % 95 dir. Kurba direnci 30 kg dir. Buna göre, 25 km/st ve üzeri hızlar için hangi kamyon seçilmelidir?



### • TIP I

- Yuvarlanma direnci  $D_y = 0,02 * 25\ 000 = 500\text{ kg.}$

$$D_e = \frac{25000 * 7}{100} = 1750\text{ kg}$$

- Eğim direnci  $D_e = 1750\text{ kg.}$
- Kurba direnci  $D_k = 30\text{ kg.}$
- Hava direnci

$$D_h = \frac{0,8 * 0,055 * 2,1 * 2,9 * V^2}{13} = 0,021V^2$$



- $\Sigma D = 2280 + 0,021V^2$

- $Z_{tr} > \Sigma D$

$$Z_{tr} = \eta \cdot G_m \cdot 270 / V$$

$$\frac{0,95 \cdot 170 \cdot 270}{V} = \frac{43605}{V}$$

$$2286 + 0,021V^2 = \frac{43605}{V}$$

- $V = 40 \text{ km/h}$

$$1090 = 2313$$

- $V = 30 \text{ km/h}$

$$1453 = 2305$$

- $V = 20 \text{ km/h}$

$$2180 = 2254$$

- $V = 18 \text{ km/h}$

$$2422 = 2292$$

- $V = 19 \text{ km/h}$

$$2295 = 2287,5$$



- **TİP II**

- Yuvarlanma direnci  $D_y = 0,02 \cdot 21\ 000 = 420 \text{ kg.}$

$$D_e = \frac{21000 \cdot 7}{100} = 1470 \text{ kg}$$

- Eğim direnci

$$D_e = 1470 \text{ kg.}$$

- Kurba direnci

$$D_k = 30 \text{ kg.}$$

- Hava direnci

$$D_h = \frac{0,8 \cdot 0,043 \cdot 2,1 \cdot 3 \cdot V^2}{13} = 0,017V^2$$



•  $\Sigma D = 1920 + 0,017V^2$

•  $Z_{tr} > \Sigma D$

$$\frac{0,90 * 200 * 270}{V} = \frac{51300}{V}$$

$$1920 + 0,017V^2 = \frac{51300}{V}$$

- |               |              |
|---------------|--------------|
| • V=25 km/h   | 2052=1930    |
| • V=30 km/h   | 1710=1935    |
| • V=27 km/h   | 1900=1932    |
| • V=26 km/h   | 1973=1931,49 |
| • V=26,2 km/h | 1958=1931,66 |

• Tip II seçilir.

## Kapasite

Trafik mühendisliğinde en önemli sorulardan iki tanesi

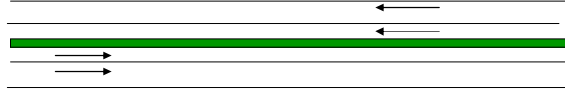
- 1) Belli bir yolda ne kadar trafiğe hizmet verilebilir? (şerit sayısı dikkate alınarak)
- 2) Hangi koşullarda hizmet verilebilir?

Bu sorularda cevap, kapasite analizi ile verilir?

**Kapasite** : "Üniform kabul edilen bir yol kesiminde hakim yol ve trafik koşulları altında belli bir zaman periyodunda (genellikle bir saat) geçebilecek maksimum araç veya yolcu sayısıdır"

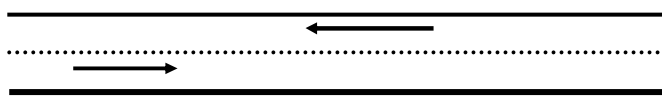
## Çok şeritli yollar için ideal koşullar

- 3.6 metre şerit genişliği
- 1.8 metre yanıl açıklık (banket genişliği)
- Trafik akımında sadece yolcu otomobilleri mevcut
- Bütün sürücüler yollara aşına
- Bütün yol kesimleri 100 km/st serbest hız yapmaya elverişli



## İki şeritli yollar için ideal koşullar

- Tasarım hızı 100 km/st ve üzerinde olmalı
- 3.60 metre şerit genişliği
- 1.80 metre yol kenarında en az yanıl açıklık
- Düz arazi
- Her noktada sollama olanağının bulunması
- %50/%50 yön dağılımı olması
- Trafik akımında sadece yolcu otomobillerinin bulunması



## İdeal koşular altında temel kapasite değerleri

Kapasite (yolcu oto./saat/şerit)

### Otoyollar

113 km/st serbest hız	2400
105 km/st serbest hız	2350
97 km/st serbest hız	2300
90 km/st serbest hız	2250



## İdeal koşular altında temel kapasite değerleri

Kapasite (yolcu oto./saat/şerit)

### Çok şeritli yollar

97 km/st serbest hız	2200
90 km/st serbest hız	2100
80 km/st serbest hız	2000
72 km/st serbest hız	1900

İki şeritli şehirlerarası karayolu 2800



## v/c oranı ve kullanımı

Kapasitenin kullanım oranı olarak da düşünülebilir.  
 $v/c = \text{tahmin edilen trafik hacmi} / \text{kapasite}$

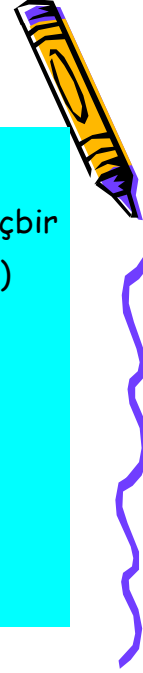
Bu oran, mevcut veya önerilen kapasitenin yeterlik ölçüsü olarak genellikle kullanılır. Bazı durumlarda oran 1.00 dan büyük olabilir. Bunun anlamı, tahmin trafik hacminin kapasiteden fazla olması demektir. Bu durumda uzun kuyurklar ve gecikmeler meydana gelir.

## Kapasiteye Etkileyen Faktörler

- Geometrik Faktörler
  - Yatay ve düşey kurbalar (hız azalmasına neden olur)
  - Şerit genişliği ve yanal açıklık
  - Eğimler (Ağır taşıtlar eğimi yüksek olan kesimlerde oldukça hız kaybederler)

## Kapasiteyi etkileyen faktörler

- Trafik koşulları
- Yön dağılımı (İki şeritli yollarda önemlidir; hiçbir şey verilmezse %50/%50 dağılım kabul edilir)
- Şerit dağılımı (şerit sayısının aniden arttığı yerlerde dikkate alınır; örn. 3 şeritten beş seride çıkma gibi)
- Trafik akımındaki ağır taşıtlar (daha geniş, rampadaki hızları oldukça düşük)



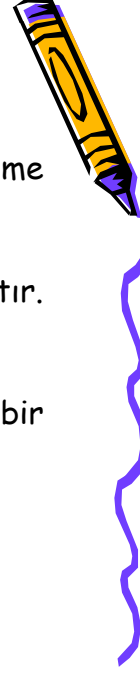
## Kapasiteyi etkileyen faktörler

- Trafik kontrol koşulları
- Hız limitleri
- Şerit kullanım kontrolleri (sağa veya sola dönecek şeritler için tahsis yapma)
- Trafik sinyalizasyonu
- DUR ve YOL VER işaretleri



## Hizmet Düzeyi

- Hizmet düzeyi, belli bir karayolunun işletme koşullarını tanımlayan bir harftir.
- Karayolunda altı (6) hizmet düzeyi tanımlanmıştır. (A, B, C, D, E, F)
- A hizmet düzeyi; serbest akımın ve hiçbir gecikmenin olmadığı durumu tanımlar.

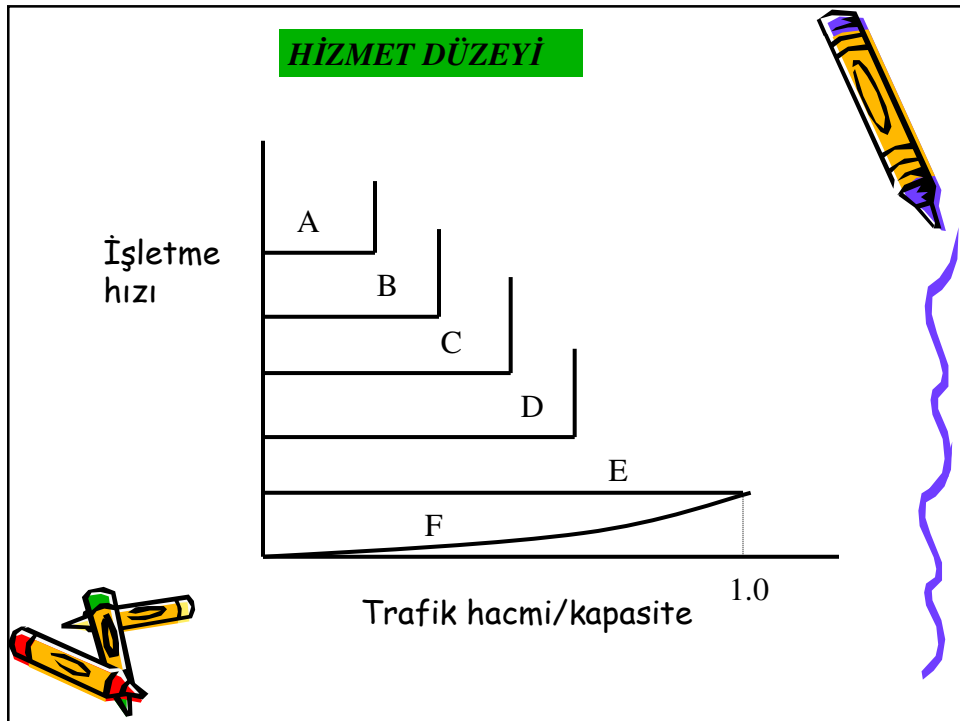
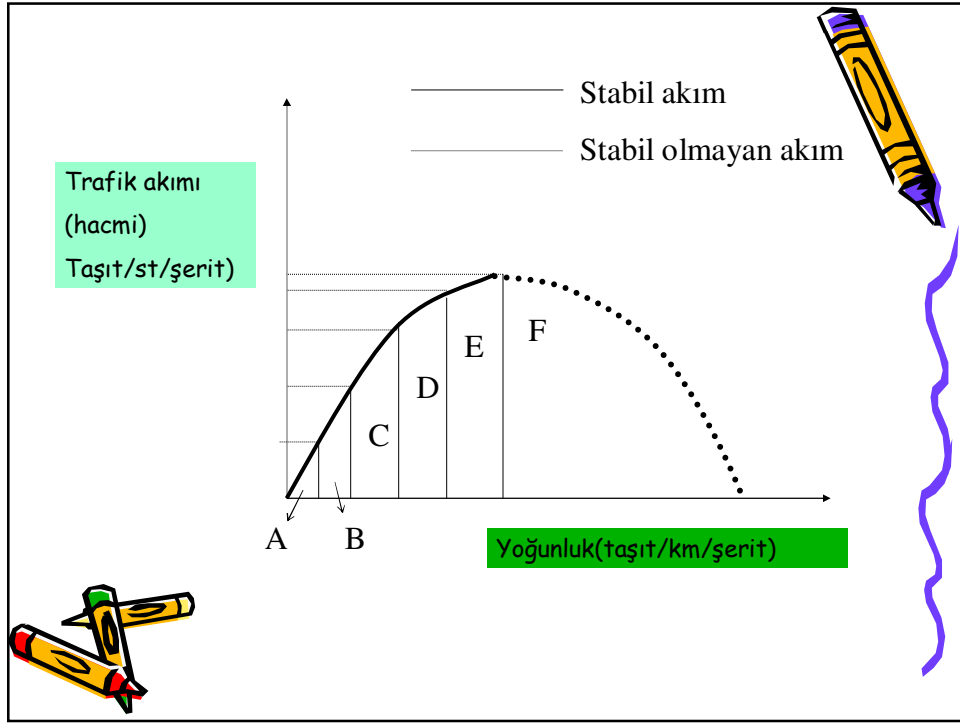


## Hizmet Düzeyi

- F hizmet düzeyi; en kötü işletme koşullarını tanımlar. Talep fazla olduğundan dolayı, karayolunda uzun kuyruklar ve gecikmeler ortaya çıkar.
- E hizmet düzeyi, kapasiteye eşit veya yakın işletme koşulunu tanımlar.
- Diğer B, C, D harfleri ise A ile E hizmet düzeyleri arasındaki işletme koşullarını tanımlar.

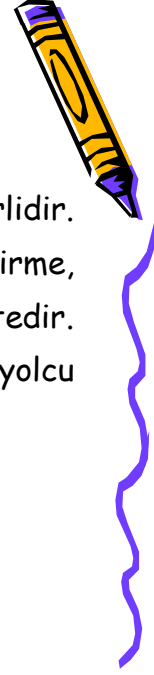








## Hizmet Düzeyleri



- **A hizmet düzeyi:** Serbest akım hızı geçerlidir. Yoğunluk oldukça düşüktür. Şerit değiştirme, trafiğe katılma oldukça kolay gerçekleşmektedir. Taşıtlar arasındaki ortalama mesafe 23-26 yolcu otomobili kadardır.

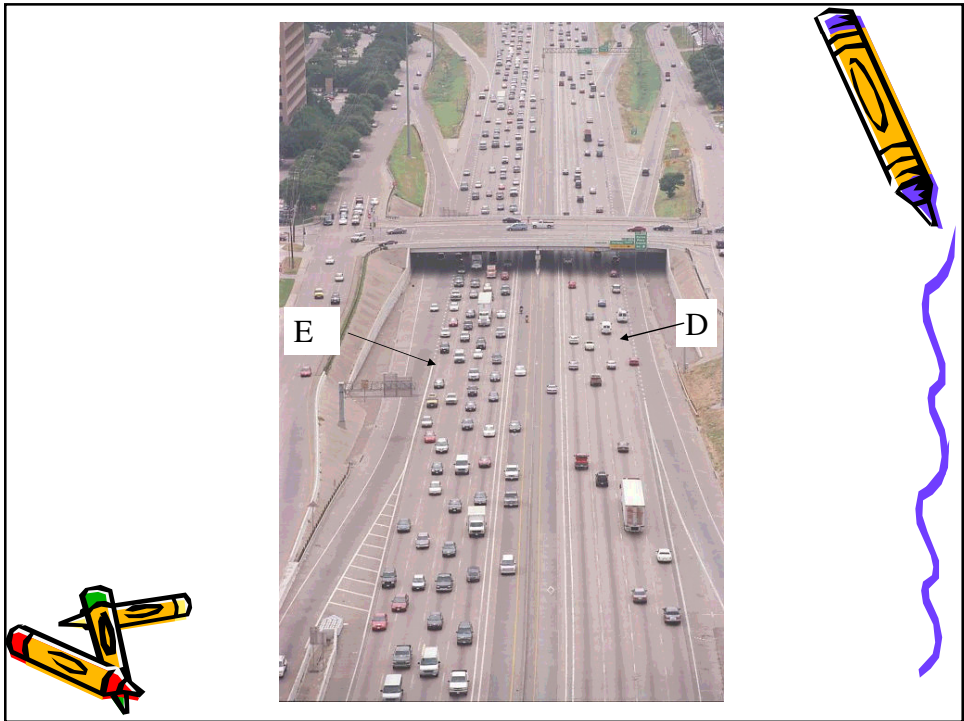
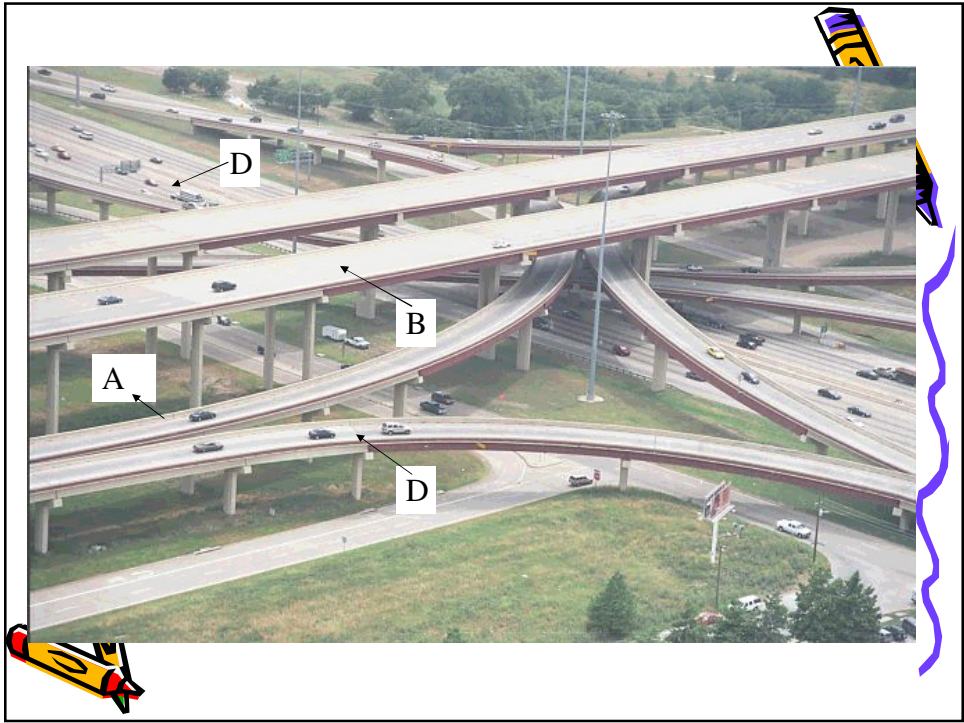


- **B hizmet düzeyi:** Sürücüler trafikte diğer sürücülerinin var olduğunu hissetmeye başlar; ancak serbest akım hızını koruyabilir. Trafiğe katılma ve şerit değiştirme rölatif olarak hala kolaydır. Taşıtlar arasındaki mesafe 15-20 otomobil uzunluğu kadardır.



- 
- **C hizmet düzeyi:** Trafikte araç sayısı arttığından manevra yapmak sınırlanmaya başlar. Sürücüler manevra yapmak için, boşluk gözlemek zorundadır. Hız hala serbest akım hızı civarındadır. Taşıtlar arasındaki mesafe 9-11 otomobil kadardır.
  - **D hizmet düzeyi:** Ortalama hız düşmeye başlar. Trafik miktarındaki küçük artışlar sıkışmalara neden olabilir. Ortalama araçlar arasındaki mesafe 7-9 otomobil kadardır.
- 

- 
- **E hizmet düzeyi:** Kapasite değerini tanımlar. Kuyruklar oluşmaya başlar; trafik akımı içerisinde manevra yapmak oldukça zorlaşır. Taşıtlar arasındaki mesafe 4-6 otomobil kadardır.
  - **F hizmet düzeyi:** Kuyrukların oluştuğu, katılım kesimlerinin kapasite değerini aştığı hizmet düzeyidir. Trafik durur; belli bir süre sonra tekrar harekete geçer. Tampon tampona hareket söz konusudur.
- 



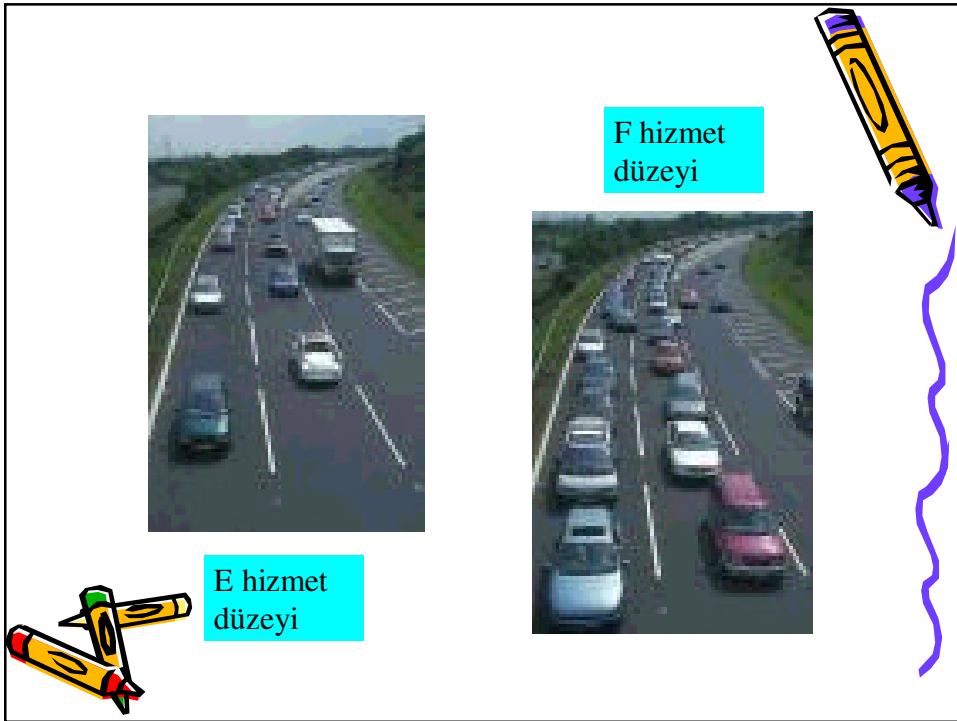
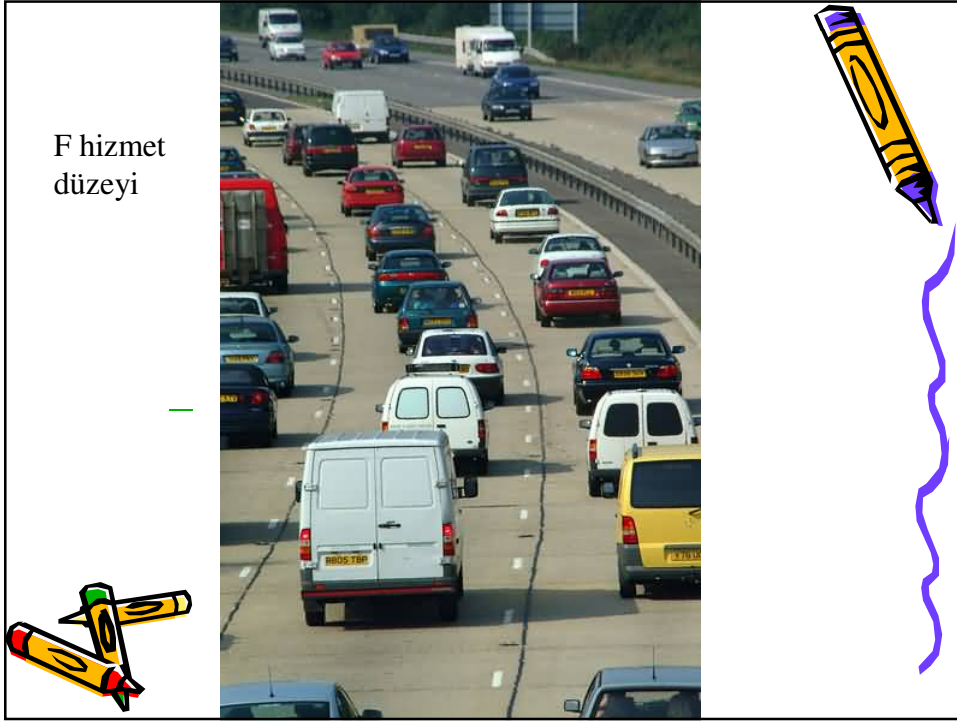
F hizmet düzeyi

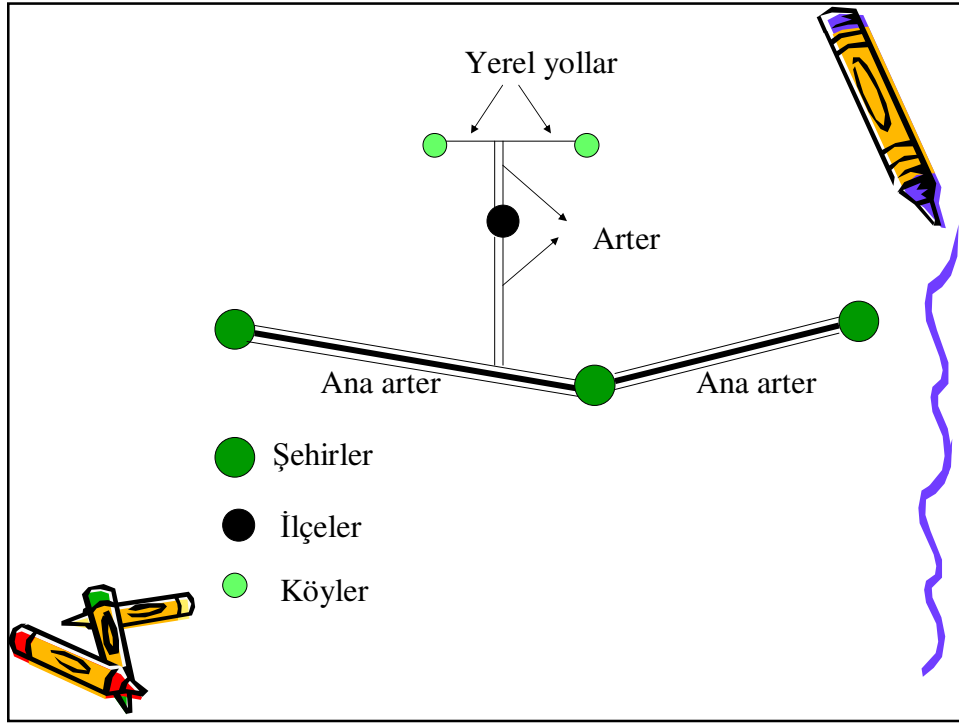


E,F

C







### Hizmet Düzeyi Seçimi

Karayolu tipi	Ş.arası Düz arazi	Ş.arası Dalgalı arazi	Ş.arası Dağlık arazi	Şehiriçi ve çevreyolu
Otoyol	B	B	C	C
Ana arter	B	B	C	C
Arter	C	C	D	D
Yerel yollar	D	D	D	D



## ZİRVE SAAT FAKTÖRÜ

- Bir yolun nazara alınan herhangi bir kesitinden bir saat içinde geçen taşıt sayısı **trafik hacmi (Q)** olup birimi taşıt/saat'dir. **Akım oranı (q)**, bir saatten daha kısa bir süre içinde yolun nazara alınan bir kesitinden geçen taşıt sayısının saatlik değeridir. Tanımda geçen süre 5, 10, 15 dakika alınabilir. Genellikle 15 dak.'dır.

- Bir yoldan 15 dak. 300 araç geçiyorsa akım oranı:

- $q = N_t * 60 / t$

- $q = 300 * 60 / 15 = 1200 \text{ ta/sa}$




- Bir yoldaki zirve saat trafiğinin bu zirve saatteki maksimum akım oranına oranı zirve saat faktörü olarak tanımlanır.

- $ZSF = Q / q_m = Q / (N_t * 60 / t)$

- Zirve saat faktörü trafikteki dalgalanmayı yansıtır. En büyük değeri 1 dir.





- 
- **Örnek:** Bir yolda zirve saat içinde yapılan 5 dakikalık sayımlarda elde edilen en yüksek değer 60 taşıt olarak bulunmuştur. Yoldan zirve saatte geçen taşıt sayısı ise 500 taşıttır. ZSF =?

- $Q=500$  ta/sa
- $qm=60*60/5=720$  ta/sa
- $ZSF=Q/qm=500/720=0,7$

- Zirve saat faktörü 1'e yaklaştıkça trafik akımının uniformluğu artar.



## Otoyollarda Kapasite Analizi

$$MSF_i = c_j \times \left( \frac{v}{c} \right)_i$$

$MSF_i$ = i hizmet düzeyindeki maksimum trafik hacmi

$c_j$ = ideal koşullar altında kapasite. Proje hızı 100 ve 110 km/sa ise  $C_j=2000$  oto/sa/şe, proje hızı 80 km/sa ise  $C_j=1900$  oto/sa/şe

$(v/c)_i$ = i hizmet düzeyinde kapasite kullanımı

İdeal koşullar her zaman sağlanamayacağından,  $MSF_i$  değeri, ağır taşıtlar, dar şerit ve yan al açıklık, sürücü faktörü ile azalacaktır.



$$SF_i = MSF_i \times N \times f_w \times f_{HV} \times f_p \times f_e$$

$$SF_i = c_j \times \left(\frac{v}{c}\right)_i \times N \times f_w \times f_{HV} \times f_p \times f_e$$

N= şerit sayısı

$f_w$ = şerit ve yanal açıklık düzeltme faktörü (tablodan seçilir)

$f_{HV}$ = ağır taşıt düzeltme faktörü (tablo ve hesapla bulunur)

$f_p$ = sürücü faktörü (sürekli aynı yolu kullananlar için 1.0, diğer sürücüler de mevcutsa 0.75-0.90)

$f_e$ =Yakın çevredeki yerleşim tarzı ile ilgili düzeltme faktörü

### Ağır taşıt düzeltme faktörü

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_B(E_B - 1)}$$

$P_T, P_B$  sırasıyla trafik akımındaki kamyon ve otobüs % leri

$E_T, E_B$  sırasıyla kamyon ve otobüslerin yolcu otomobili eşdeğerleri

Otoyollar için arazi tipine göre yolcu otomobili eşdeğerlik faktörleri

Faktör	Düz	Dalgalı	Dağlık
Kamyon $E_T$	1,7	4,0	8,0
Otobüs $E_b$	1,5	3,0	5,0

Çevre yerleşim tarzı düzeltme faktörleri ( $f_e$ )

Çevre yerleşimi	Bölünmüş yol	Bölünmemiş yol
Kırsal	1,0	0,95
Bnalyö	0,90	0,80

Sürücü faktörleri ( $f_p$ )

Sürücü tipi	Faktör
Sürekli kullanıcı	1,0
Zaman zaman kullanıcı	0,75-0,90

İki Şeritli Yolların Kapasite Analizi(Spesifik Eğimler için)

$$Sf_i = 2800 (v/c)_i \cdot f_d \cdot f_w \cdot f_{HV}$$

$Sf_i$ = i hizmet düzeyinde trafik hacmi, (taşıt/st) (toplam, her iki yön)

$(v/c)_i$ = i hizmet düzeyi için maksimum izin verilen v/c oranı

$f_d$ = yön dağılımı ayarlama faktörü

$f_w$ = dar şerit ve banketler için ayarlama faktörü

$f_{HV}$ = ağır taşıtlar için ayarlama faktörü

**Örnek:** Genelde düz bir araziden geçen iki şeritli iki yönlü bir yol aşağıdaki verilere göre projelendirilmiştir. Bu yol hangi hizmet düzeyinde çalışacaktır?

Zirve saat trafik hacmi v	=1500 ta/sa
Şerit genişliği	=3,30 m
Banket genişliği	=2 m
Sollama yasağı olan kesim oranı	=%20
Trafiğin yönlere dağılımı	= 60/40
Trafikteki kamyon oranı	= %15
Trafikteki otobüs oranı	= %4
Zirve saat faktörü (ZSF)	=0,95



$$Sf_i = 2800 (v/c)_i \cdot f_d \cdot f_w \cdot f_{HV}$$

v/c hacim-kapasite oranları, Tablo 6.1 den

A hizmet düzeyi için v/c=0,12

B hizmet düzeyi için v/c=0,24

C hizmet düzeyi için v/c=0,39

D hizmet düzeyi için v/c=0,62

E hizmet düzeyi için v/c=1,00

$f_d=0,94$  (Tablo 6.2)(Trafiğin yönlere göre dağılımı)

$f_w=A, B, C,$  ve  $D$  hizmet düzeyleri için  $0,93$  ve  $E$  hizmet düzeyi için  $0,94$  (Tablo 6.3)(Dar şerit ve banketleri için düzeltme faktörü)



$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_B(E_B - 1)}$$

$f_{HV}$  = Ağır taşıt düzeltme faktörü

$E_t$  ve  $E_b$ :kamyon ve otobüs için birim otomobil eşdeğerleri (Tablo 6.4 den okunur.)

Hizmet Düzeyi					
	A	B	C	D	E
$E_t$	2	2,2	2,2	2	2
$E_b$	1,8	2	2	1,6	1,6



A hizmet düzeyi için,

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + 0,15(2 - 1) + 0,04(1,8 - 1)} = 0,84$$

Hizmet Düzeyi					
	A	B	C	D	E
$E_t$	2	2,2	2,2	2	2
$E_b$	1,8	2	2	1,6	1,6

B, C, hizmet düzeyi için,  $f_{HV}=0,84$

D, E hizmet düzeyi için,  $f_{HV}=0,88$



$$Sf_A = 2800 (0,12) \cdot 0,94 \cdot 0,93 \cdot 0,84 = 246 \text{ ta/sa}$$

$$Sf_B = 2800 (0,24) \cdot 0,94 \cdot 0,93 \cdot 0,84 = 493 \text{ ta/sa}$$

$$Sf_C = 2800 (0,39) \cdot 0,94 \cdot 0,93 \cdot 0,84 = 802 \text{ ta/sa}$$

$$Sf_D = 2800 (0,62) \cdot 0,94 \cdot 0,93 \cdot 0,88 = 1355 \text{ ta/sa}$$

$$Sf_E = 2800 (1,00) \cdot 0,94 \cdot 0,94 \cdot 0,88 = 2177 \text{ ta/sa}$$

Hizmet Hacmi (HH)=Zirve saat trafik hacmi/Zirve saat faktörü

$$\text{Hizmet Hacmi (HH)}=v/ZSF=1500/0,95=1579 \text{ ta/sa}$$

Bu değer D ve E hizmet düzeylerindeki akım oranları arasında kalmaktadır. Buna göre, yol E hizmet düzeyinde çalışır.

**Örnek:** Aşağıdaki verilere göre planlanan bir kırsal bölünmemiş yol için gereken şerit sayısını bulunuz.

Proje saatlik trafiği(iki yön toplamı) =2500 ta/sa

Arazi =Dalgalı

Şerit genişliği =3,50 m

Banket genişliği =2 m

Yan açıklık = 2 m den büyük

Sürücü özelliği = Sürekli kullanıcı

Trafikteki kamyon oranı = %16

Trafikteki otobüs oranı = %4

Zirve saat faktörü (ZSF) =0,80

Proje hızı =100 km/sa

İstenen hizmet düzeyi = D

$$SF_i = C_j \times (v/c) \times N \times f_w \times f_{HV} \times f_p \times f_e$$

$C_j = 2000$  oto/sa/şe (100 km/sa proje hızına göre)

$v/c = 0,80$  (Tablo 6.6)

$f_w = 0,98$  (Tablo 6.7 den enterpolasyonla)

$E_t$  ve  $E_b$  (Tablo 6.8 den) sırasıyla 4.0 ve 3.0 dir.

$f_e = 0,95$  (Tablo 6.9 dan)

$f_p = 1,0$  (Tablo 6.10 dan)

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_B(E_B - 1)}$$

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + 0,16(4 - 1) + 0,04(3 - 1)} = 0,64$$



$$SF = HH = v/ZSF = 2500/0,80 = 3125 \text{ ta/sa}$$

$$SF_i = C_j \times (v/c) \times N \times f_w \times f_{HV} \times f_p \times f_e$$

$$3125 = 2000 \times (0,80) \times N \times 0,98 \times 0,64 \times 0,95 \times 1,0$$

$$3125 = 953 \times N$$

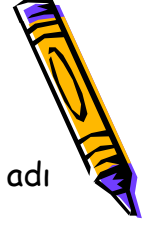
$$N = 3,28$$

Buna göre 4 şeritli bir yol gereklidir.



## BOYKESİT

- Yolun ekseni boyunca alınan kesite **boykesit** adı verilir.
- Plandaki yol ekseni (Yolun izdüşümü), üzerindeki enkesit noktalarından yararlanarak belirli bir ölçekle düşey düzleme taşınarak **boykesit** elde edilir.




Eksendeki enkesitlere ait **arazi kotları** (**siyah kotlar**) okunup, düşey düzleme işaretlendikten sonra birleştirilir. Bunun sonucunda elde edilen arazi çizgisine **siyah çizgi** adı verilir.



Siyah çizgi kırıklı olduğu için taşıtların istenilen konfor ve güvenlik şartlarını sağlayarak seyretmeleri mümkün değildir.








Daha uygun bir yuvarlanma yüzeyi elde etmek için, yola ait öncelikli zorunlu noktaların (Yolun başlangıç ve bitim noktaları) birleştirilmesiyle **kırmızı çizgi** belirlenir. Kırmızı çizgi bazen sabit eğimli tek bir doğrudur, bazen de farklı eğimlerden oluşan uygun uzunluktaki birden fazla doğru parçasından oluşur.



Kırmızı çizgi üzerindeki herhangi bir noktanın kotuna **kırmızı kot (proje kotu, tesviye kotu)** adı verilir.

Herhangi bir noktadaki kırmızı kot siyah kottan düşük ise yarma, yüksek ise dolgu yapılması gerektiğini gösterir.



Boykesit üzerinde kırmızı çizginin eğimi pozitif (+) ise yolun bu kesimi **çıkış (rampa)**, negatif (-) ise **iniş**, sıfır ise **palye** olarak adlandırılır.



Kırmızı çizgiler arasına yerleştirilen eğrilere **düşey kurba** adı verilir





### Boykesitte Kırmızı Çizginin Çizilmesi

1. Kırmızı çizgi geçki boyunca toprak işini en az yapacak şekilde, bu mümkün olmuyorsa mümkün olduğunca dengeli bir şekilde geçirilmelidir.
2. Tasarlanması muhtemel olan düşey kurbalarda güvenli görüş mesafelerini sağlayacak şekilde geçirilmelidir.
3. Taşıt işletme maliyetini azaltmak ve güvenliği artırmak üzere yüksek eğimli kesimlerin elden geldiğince kısa mesafelerde uygulanmasına çalışılmalıdır.



- 
- 
4. Düz arazilerde su baskınları ve kar birikmelerinin önüne geçebilmek için doğal zemine göre daha yüksekte geçirilmelidir.
  5. Akarsu kenarı geçişlerinde muhtemel en yüksek su kotuna göre daha yüksekte geçirilmelidir.
  6. Yüzeysel drenajın kolay sağlanması için yarma kesimlerinde dere düşey kurba oluşmayacak şekilde geçirilmelidir.

- 
- 
7. Yatay kurba içinde düşey kurba oluşumunu engelleyecek şekilde geçirilmelidir.
  8. Sürüş emniyeti açısından tekdüzeliğe sebep olmayacak şekilde sabit eğimli uzun kesimler oluşturmayacak şekilde geçirilmelidir.

9. Diğer yollar ve demiryollarıyla eşdüzey kavşakların yüksek eğimlerde olmamasına özen gösterilmelidir. Özellikle eşdüzey kavşakların düşey kurba içine gelmemesine çalışılmalıdır.

10. Küçük akarsu geçişlerinde özellikle menfez tasarımı için menfez üzerinde belirli yükseklikte bir dolgu bırakılmasına özen gösterilmelidir. Bu şekilde trafik yüklerinin altyapıya etkileri azaltılmış olur.



### Boyuna Eğimli Kısımlarda Kullanılan İlave Yol Elemanları

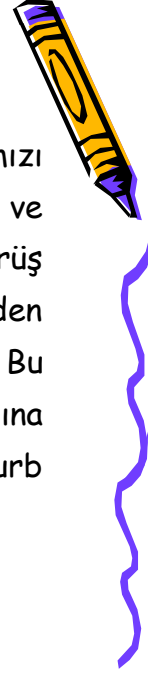
Boyuna eğim miktarının fazla olduğu yol kesimlerinde güvenlik, konfor ve kapasitenin sağlanması için ilave yol elemanlarına ihtiyaç vardır. Bunun için gerektiği zaman **tırmanma şeridi** ve **acil kaçış rampası** yapılır.





## DÜŞEY KURBLAR

Bu eğri kısımların olmaması durumunda kırmızı hatların kolları bu kesişim noktalarında kırıklık ve süreksizlik oluşturacaktır. Bu durumda görüş uzunluğunda bir kısalma oluşacağı gibi hızlı seyreden araçlar için konfor bozulmasına sebep olacaktır. Bu sakıncaları gidermek için kırmızı hat kolları arasına uygun uzunluk ve yarıçapa sahip düşey kurb yerleştirilir.



## DÜŞEY KURBLAR

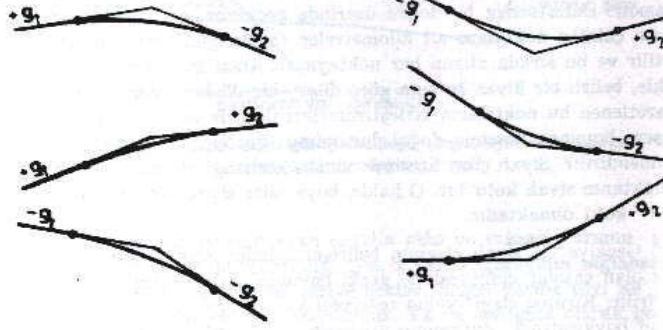
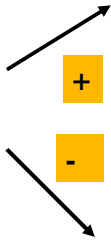
Motorlu taşıtın üzerinde seyrettiği kırmızı çizgi kolu taşıtın gidiş yönüne göre rampa yukarı (eğim değerleri pozitif) ve rampa aşağı (eğim değerleri negatif) olmak üzere 2 tür eğim değeri vardır. Eğimler arazide en fazla 6 değişik süreksizlik gösterir. (Tepe 3 ve Dere 3 olmak üzere)



$$G = g_1 - g_2$$

Örnek:  $g_1 = +\%8$ ,  $g_2 = -\%8$  ise  $G = +0,08 - (-0,08) = 0,16$   
(Kapalı düşey kurba)

Eğimler



Tepe (kapalı) düşey kurb

Dere (açık) düşey kurb

G (+) (+)

G (-)

Şekil 9.1. Tepe ve dere düşey kurb tipleri

DÜŞEY KURBA TIPLERİ



## DüŖey Kurbta Konfor

Yatay kurbtan geçerken merkez kaç kuvvetinin etkisi ile enine oluŖan ivmelere, benzer Ŗekilde düŖey kurlarda da some noktasındaki süreksizlikler sarsıntılara yol açar ve konfor bozulur. Yapılan araŖtırmalara göre bu rahatsız edici ivmelerin üst sınırı yer çekimi ivmesinin 20'de 1'inden az olmalıdır. Bu değer yaklaŖık 0,5 m/sn<sup>2</sup>'dir.



$$a = \frac{V^2}{13R}$$

$$R = 0,15 \cdot V^2$$

Proje hızı 90 km/h olan bir düŖey kurbta konfor açısından min. DüŖey kurb eğrilik yarıçapı ne olmalıdır?

$$R = 0,15 \cdot 90^2 = 1215 \text{ m}$$





## Hangi kırmızı çizgi eğim farklarında düşey kurba yerleştirilir?

- 1., 2. ve 3. Sınıf yollarda (Standardı yüksek olan yollarda) birbirini izleyen iki kol eğiminin cebirsel farkı % 0.5 den büyük ise,
- Düşük standartlı yollarda ise cebirsel fark %1 den büyükse düşey kurba uygulanır.



## Düşey kurba tasarımında kullanılacak görüş uzunlukları

$g_1$  ve  $g_2$  eğimlerinin cebirsel farkının yüksek olması, kırmızı hat kolları arasındaki açıklığın büyümesine görüş uzunluğunda kışalmasına yol açacaktır. Tek platformlu ve çift yönlü yollarda bir sollama ile geçiş manevrası sırasında karşı yönden gelen taşıtın olması halinde boy kesitte düşey kurb eğriliğinin "araya girmek" suretiyle taşıtların şoförlerinin birbirlerini görmelerini engel olmayacak şekilde düzenlenmesi gerekir. Bu durum için görüş hesabında emniyetli sollama mesafesinden yararlanılır.



$$Is = \left[ \frac{d_1 + d_2}{V_1 - V_2} \right] V_1 \quad V_1 = V_p$$

$$V_2 = V_p - 15 \text{ alınmalıdır.}$$

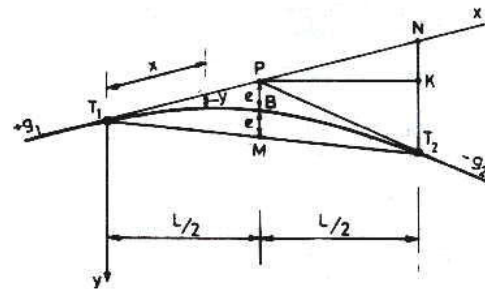
Çift platformlu tek yönlü yollarda ise bu eğriliğin şoförün önündeki bir engeli aynı bir nedenle görmesine engel olmayacak şekilde düzenlenmesi gerekir. Bu durumda ise fren emniyet uzunluğundan faydalanılır. (Ife)

$$L_{fe} = 0,278 \cdot V \cdot t_r + 0,00394 \cdot V^2 / (f \pm s)$$

$$V = V_p \quad f = 0,3 \sim 0,4 \quad s = 0 \text{ alınmalıdır.}$$

## Parabolik Düşey Kurba Özellikleri

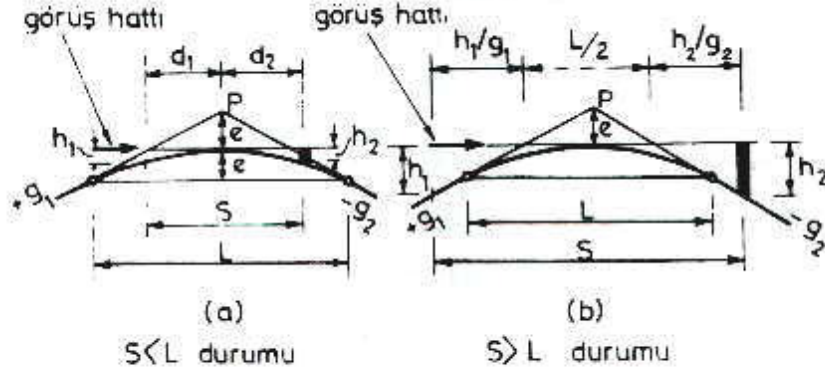
Uygulama kolaylığından ve kısa mesafede görüş uzunluğu sağladığı için parabolik düşey kurbalar kullanılır. Bazı durumlarda, dairesel düşey kurbalar da kullanılır.



Şekil 9.5. Parabolik düşey kurba elemanları



## Kapalı(Tepe) Düşey Kurbalar



Şekil 9.6. Parabolik tepe düşey kurba.

## Kapalı Düşey Kurba Uzunluğu Hesabı

Tepe düşey kurba hesabında duruş-görüş uzunluğu dikkate alınacaksa, AASHTO tarafından önerilen ve KGM tarafından kabul edilen sürücü görüş yüksekliği  $h_1=1,14$  m ve karşılaşılabilecek engel yüksekliği  $h_2=0,15$  m değerleri aşağıdaki formüllerde yerine yazılır.

$S < L$

$$L = \frac{GS^2}{(\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2}$$

$$L = \frac{G \cdot S^2}{4,2}$$

$S > L$

$$L = 2S - \frac{2(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}{G}$$

$$L = 2S - \frac{4,2}{G}$$

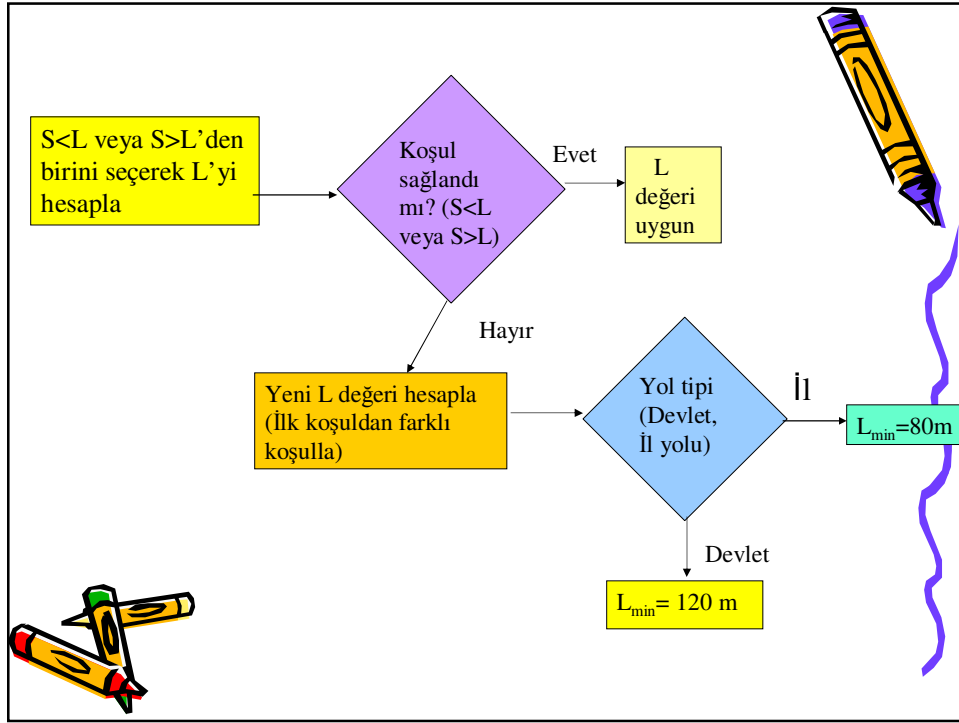
## Kapalı Düşey Kurba Uzunluğu Hesabı

Geçiş görüş uzunluğuna göre ( $h_1=1,14$  ve  $h_2= 1,37$  m)

$$S < L \text{ için } L = \frac{G \cdot S^2}{10}$$
$$S > L \text{ için } L = 2S - \frac{10}{G}$$

## Düşey Kurba hesabı işlem sırası

- $S < L$  veya  $S > L$  kriterlerinden birini seçerek,  $L$  yi hesapla ve koşulun sağlanıp sağlanmadığını kontrol et. (Örnek:  $S > L$  ise,  $L$  ile  $S$  yi karşılaştır) Koşul sağlanmışsa  $L$  uygundur.
- İlk kabul edilen koşul sağlanmadıysa, diğer kritere göre  $L$ 'yi hesapla. Koşul sağlanmışsa  $L$  uygundur.
- Her iki koşul da sağlanmadıysa;  
Devlet yollarında  $L_{\min} = 120$  m  
İl yollarında  $L_{\min} = 80$  metre seçilir.
- Hesaplanan  $L$  değerleri yukarıdaki değerlerden küçükse, minimum değerler kullanılır.



**Örnek:** Proje hızı 80 km/h olan bir yolda eğimleri %4,2 ve -%2,6 olan 2 kırmızı çizgi kolu arasında parabolik düşey kurb uygulanacaktır. Fren emniyet uzunluğu (duruş-görüş uzunluğu) esas alınarak yapılacak hesaplama ile düşey kurb uzunluğunu bulunuz. Ayrıca T1 teğet noktasından itibaren her 25 m'de bir alınan kesitlere ait kırmızı kotları hesaplayınız. Some noktasının km'si 12+460, kotu 372 m'dir.  $T_r=1$  sn,  $f=0,3$ . (Duruş-görüş uzunluğu için fren emniyet mesafesini bulunuz. Hesap kolaylığı ve emniyet uzunluğu için  $s=0$  alınır.)

Hesap kolaylığı ve emniyet uzunluğu için  $s=0$  alınır. Çünkü görüş uzunluğu bize çıkışta gerekir. Çıkışta  $s$  pozitif olduğundan fren emniyet mesafesi  $s=0$ 'a göre hesaplanandan daha küçük olacaktır. İnişte ise görüş uzunluğu, kapalı kurba göre değil açık kurba göre yapılmalıdır.

$$P_{km}=12 \text{ km}+460 \text{ m (P: some noktası)}$$

$$P_{kot}=372 \text{ m}$$

$$S=L_{fe}= 0,278 \cdot V \cdot t_r + 0,00394 \cdot V^2 / (f \pm s)$$

$$S=L_{fe}= 0,278 \cdot 80 \cdot 1 + 0,00394 \cdot (80)^2 / (0,3)$$

$$S=106,3 \text{ m}$$



Kurb boyu hesabı için önce  $S > L$  varsayalım;

$$G=4,2-(-2,6)=\%6,8=0,068 \quad (G=g_1-g_2)$$

$$L=2S - \frac{4,2}{G}$$

$$L=2 * 106,3 - \frac{4,2}{0,068} = 150,85 \text{ m}$$

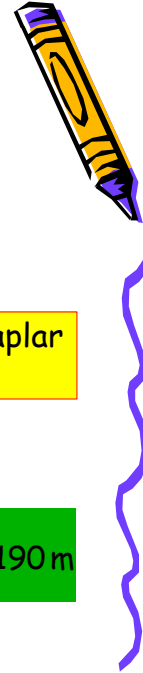
$106,3 > 150,85$  olmadığından  $S < L$  ye göre hesaplar tekrarlanacaktır.

Kurb boyu hesabı için  $S < L$  varsayalım;

$$L = \frac{G \cdot S^2}{4,2}$$

$$L = \frac{0,068 \cdot (103,6)^2}{4,2} = 182,95 \text{ m} \approx 190 \text{ m}$$

$106,3 < 190$  sağlamıştır.



$$T_{1km} = P_{km} - \frac{L}{2} = (12 + 460) - \frac{190}{2} = (12 + 365)m$$

$$T_{2km} = P_{km} + \frac{L}{2} = (12 + 460) + \frac{190}{2} = (12 + 555)m$$

$$B_{km} = P_{km} = (12 + 460)m$$

$$T_{1kot} = P_{1kot} - g_1 \frac{L}{2} = 372 - 0,042 \frac{190}{2} = 368,01m$$

$$T_{2kot} = P_{2kot} + g_2 \frac{L}{2} = 372 + (-0,026) \frac{190}{2} = 369,53m$$

$$B_{kot} = P_{kot} - e = 372 - \frac{0,068 * 190}{8} = 370,39m$$


$$e = G * L / 8$$

b) Parabolün denklemini:


$$y = \frac{G}{2L} x^2 \Rightarrow y = \frac{0,068}{2 * 190} x^2$$

Kesit	Km'si	x	r=0,042x	$T_{1kot+r}$	$y=0,0001789x^2$	$T_{1kot+r-y}$
T1	12+365	0	0	368,01	0,0	368,01
1	12+390	25	1,05	369,06	0,11	368,95
2	12+415	50	2,10	370,11	0,45	369,66
3	12+440	75	3,15	371,16	1,00	370,16
B	12+460	95	3,99	372,0	1,61	370,39
4	12+465	100	4,20	372,21	1,79	370,42
5	12+490	125	5,25	373,26	2,80	370,46
6	12+515	150	6,30	374,31	4,03	370,28
7	12+540	175	7,35	375,36	5,48	369,88
T2	12+555	190	7,98	375,99	6,46	369,53





**Örnek:** Proje hızı 90 km/h olan bir il yolunda eğimleri %3,4 ve -%2,8 olan 2 kırmızı çizgi kolu P noktasında kesilmektedir. P Some noktasının km'si 0+500 m, kotu 200 m'dir. Her 20 m'de bir alınan kesitlere ait kırmızı kotları hesaplayınız ve düşey kurb hesabı yapınız.  $T_r=0,75$  sn,  $f=0,6$ . (Duruş-görüş uzunluğu için fren emniyet mesafesini bulunuz. Hesap kolaylığı ve emniyet uzunluğu için  $s=0$  alınır.)



$P_{km}=0$  km+500 m (P: some noktası)  
 $P_{kot}=200$  m

$$S=L_{fe}= 0,278.V.t_r + 0,00394.V^2/(f\pm s)$$

$$S=L_{fe}= 0,278.90.0,75 + 0,00394.(90)^2/(0,6)$$

$$S=72 \text{ m}$$


Kurb boyu hesabı için  $S < L$  varsayalım;

$$G = 3,4 - (-2,8) = \%6,2 = 0,062 \quad (G = g_1 - g_2)$$

$$L = \frac{G \cdot S^2}{4,2} \quad L = \frac{0,062 \cdot (72)^2}{4,2} = 76,52 \text{ m} \approx 80 \text{ m (İl Yolu)}$$

$72 < 80$  sağlamıştır.

$$e = GL/8 = 0,062 \cdot 80/8 = 0,62 \text{ m}$$

$$y = (0,062 / (2 \cdot 80)) \cdot x^2 = 0,0003875x^2$$



$$T_{1km} = P_{km} - \frac{L}{2} = (0 + 500) - \frac{80}{2} = (0 + 460) \text{ m}$$

$$T_{2km} = P_{km} + \frac{L}{2} = (0 + 500) + \frac{80}{2} = (0 + 540) \text{ m}$$

$$B_{km} = P_{km} = (0 + 500) \text{ m}$$

$$T_{1kot} = P_{1kot} - g_1 \frac{L}{2} = 200 - 0,034 \frac{80}{2} = 198,64 \text{ m}$$

$$T_{2kot} = P_{2kot} + g_2 \frac{L}{2} = 200 + (-0,028) \frac{80}{2} = 198,88 \text{ m}$$

$$B_{kot} = P_{kot} - e = 200 - 0,62 = 199,38 \text{ m}$$



b) Parabolün denklemi;

$$y=(0,062/(2*80))*x^2=0,0003875x^2$$

Kesit	Km'si	x	r=0,034x	T <sub>İkot+r</sub>	y=0,0003875x <sup>2</sup>	T <sub>İkot+r-y</sub>
T1	0+460	0	0	198,64	0,0	198,640
1	0+480	20	0,68	199,32	0,155	199,165
B	0+500	40	1,36	200	0,620	199,380
2	0+520	60	2,04	200,68	1,395	199,285
T2	0+540	80	2,72	201,36	2,480	198,880

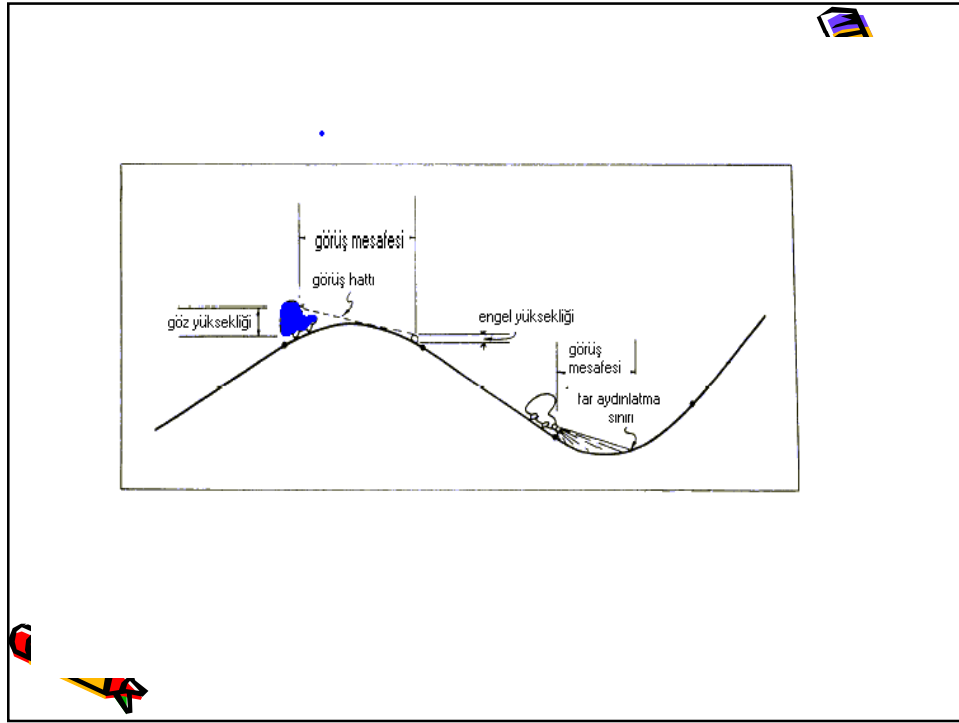


### Açık(Dere) Düşey Kurba Hesabı

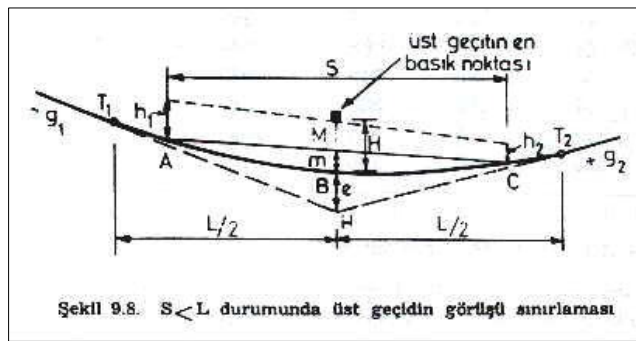
Açık düşey kurbalarda, gündüz görüş problemi yoktur (üst geçit veya benzeri engeller yoksa). Fakat, gece görüş mesafesi far aydınlatma mesafesi ile sınırlıdır.

$$\begin{aligned} S < L \text{ için } L &= \frac{G.S^2}{2(h+S.tg\alpha)} & S > L \text{ için } L &= 2S - \frac{2(h+S.tg\alpha)}{G} \\ S < L \text{ için } L &= \frac{G.S^2}{1,22+0,035S} & S > L \text{ için } L &= 2S - \frac{1,22+0,035S}{G} \end{aligned}$$

h= farın yerden yüksekliği(0,61 m); a= farın taşıt ekseninden düşey sapması (1 Derece kabul edilir.); S= duruş görüş uzunluğu; G= eğim farkı (g<sub>1</sub>-g<sub>2</sub>)

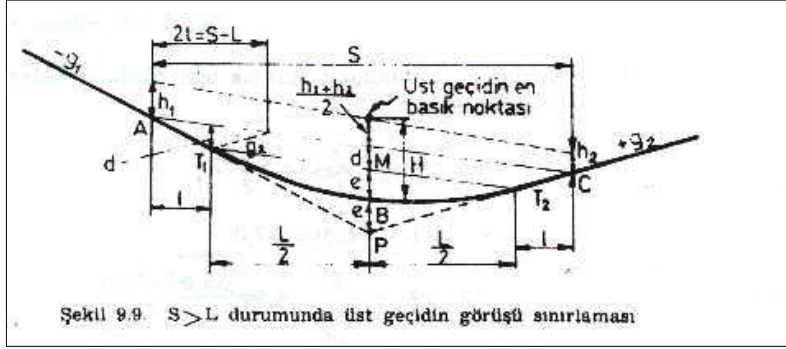


## Üst Geçit Olması Durumunda Düşey Kurba Hesabı



$L$  = düşey kurba uzunluğu;  $S$  = görüş uzunluğu;  $G$  = eğim farkı  
 $h_1$  = sürücünün görüş yüksekliği;  
 $h_2$  = yol üzerindeki engelin düşey yüksekliği;  $H$  = üst geçidin serbest yüksekliği

## Üst Geçit Olması Durumunda Düşey Kurba Hesabı



Şekil 9.9.  $S > L$  durumunda üst geçidin görüşü sınırlaması

$L$ = düşey kurba uzunluğu;  $S$ = görüş uzunluğu;  $G$ = eğim farkı;  $H$ = alt geçidin serbest yüksekliği

$h_1$ = sürücünün görüş yüksekliği;

$h_2$ = yol üzerindeki engelin düşey yüksekliği;

## Üst Geçit olması durumunda Düşey Kurba Hesabı

$$S < L \text{ için } L = \frac{S^2 \cdot G}{8 \cdot \left( H - \frac{h_1 + h_2}{2} \right)}$$

$$S > L \text{ için } L = 2S - \frac{8}{G} \left( H - \frac{h_1 + h_2}{2} \right)$$

NOT: Genellikle  $H=4,40$  m;  $h_1=1,83$  m;  $h_2=0,46$  m alınır.

**Örnek:** Eğimleri sırasıyla  $g_1=-\%3$ ;  $g_2=\%4$  olan 2 kırmızı kol arasına parabolik düşey kurb yerleştirilecektir. Ancak aynı yerde üst geçit vardır. Görüş mesafesi  $S=400$  m, Some noktası  $P_{km}=4+320$  m,  $P_{kot}=122$  m, üst geçit serbest yüksekliği  $H= 4,40$  m, sürücü göz yüksekliği  $h_1=1,83$  m, engel yüksekliği  $h_2=0,46$  m.

a) Düşey kurb uzunluğu  $L=?$

b) Düşey kurbun başlangıç ve bitiş km'si? ( $T1_{km}=?$ ,  $T2_{km}=?$ )

c) Kurbun başı ve sonu ile birlikte  $L/4$ ,  $L/2$  ve  $3L/4$  noktalarındaki kırmızı kotlar=?



$S > L$  varsayalım;

$$-0,03-(0,04)=-0,07$$

$$S > L \text{ için } L = 2S - \frac{8}{G} \left( H - \frac{h_1 + h_2}{2} \right)$$

$$L = 2 * 400 - \frac{8}{0,07} \left[ 4,4 - \frac{(1,83 + 0,46)}{2} \right] = 428 \text{ m}$$

$400 > 428$  m şartı sağlamamıştır. O zaman diğer koşul incelenecektir.



S<L varsayalım; 
$$L = \frac{S^2 \cdot G}{8 \cdot \left( H - \frac{h_1 + h_2}{2} \right)}$$

$$L = \frac{400^2 \cdot 0,07}{8 \left[ 440 - \frac{1,83 + 0,46}{2} \right]} = 430 \text{ m}$$

400 < 430 m şartı sağlamıştır.



b)  $T_{1km} = (4+320) - 430/2 = (4+105) \text{ m}$   
 $T_{2km} = (4+320) + 430/2 = (4+535) \text{ m}$



c)  $T_{1kot} = P_{kot} - g_1 \cdot L/2 = 122 + 0,03(430/2) = 128,45 \text{ m}$   
 $T_{2kot} = P_{kot} + g_2 \cdot L/2 = 122 + 0,03(430/2) = 130,60 \text{ m}$   
 $B_{kot} = P_{kot} + e = 122 + ((430 \cdot 0,07)/8) = 125,76 \text{ m}$

$$y = \frac{G}{2L} x^2 \Rightarrow \frac{-0,07}{2 \cdot 430} x^2 = -0,000081395 x^2$$

$$Y = -0,000081395 x^2$$



Parabolün denklemini;

$$Y = -0,000081395x^2$$

Kesit	Km'si	x	r=0,03x	T <sub>1kot+r</sub>	y	T <sub>1kot+r-y</sub>
T1	4+105	0	0	128,45	0,0	128,45
1	4+212,5	107,5	-3,23	125,22	-0,94	126,16
B	4+320	215	-6,45	122	-3,76	125,76
2	4+427,5	322,5	-9,687	118,77	-8,47	127,24
T2	4+535	430	-12,90	115,55	-15,05	130,60



## Dairesel Düşey Kurbalar

Boykesitte kırmızı çizgi kolları arasına yerleştirilen bir diğer eğri ise daire yayıdır. Bu şekilde R yarıçaplı dairelerden yararlanarak teşkil edilen düşey kurbalara *dairesel düşey kurba* adı verilir.







Kurb üzerinde alınan bir m noktasının  $T_1$  teğet noktasından uzaklığı  $x$ ,  $T_1P$  teğetine uzaklığı  $y$  ile gösterilirse;  $(R-y)^2=R^2-x^2$  yazılabilir. Parantezin içi açılırsa;

$$y = \frac{x^2}{2R} \text{ elde edilir. } y = \frac{e}{t^2} x^2$$

$K$  daire sabiti;  $K=e/t^2$  için  $y=Kx^2$  parabolüne karşı gelir.  $K=1/(2R)$

Düşey kurbanın uzunluğu;



$$L=Ry$$

$\gamma=tgy=G$  olduğundan,  $L=RG$  olur.

$$t=R*G/2 \quad e=t^2/(2R) \quad L=2t$$



$$e = \frac{R^2 G^2}{4 * 2R} = \frac{RGG}{8}; \quad RG = L; \quad e = \frac{LG}{8}$$

Bulunur ki, bu değer parabol için bulunan bağıntının aynısıdır.



Düşey Kurb Tipi	Yol sınıfına göre min. Kurb yarıçapı R(m)				
	Arazi Durumu	I	II	III	IV
Tepe Tipi	Düz	25000	15000	10000	5000
	Engabeli	15000	10000	5000	2500
	Dağlık	5000	2500	1500	1000
Dere Tipi	Düz	8000	5000	3000	2000
	Engabeli	5000	3000	2000	1500
	Dağlık	2000	1500	1200	1000

### Düşey Kurbalarda Dönüm Noktası Hesabı

- 
- 
- Bir düşey kurbanın en düşük veya en yüksek kotlu noktasına dönüm noktası denir.
  - Bu noktada eğriye teğet olan doğru yatay durumdadır. Eğri denkleminin türevi sıfır olduğundan dönüm noktası bir maksimum veya bir minimumu gösterir.
  - Kırmızı çizgi kollarının eğimleri mutlak değerce birbirine eşitse bisektris noktası, dönüm noktasıdır.
  - Kırmızı çizgi kollarının P some noktasına göre simetrik olmaması durumunda ise dönüm noktası bisektris noktasından yataya inilen dik doğrunun dışında kalır.

- Dönüm noktasının yeri eğimin düşük olduğu yani, kolun daha yatık olduğu taraftadır.
- Çünkü kırmızı çizginin eğimi yataya doğru yaklaştıkça, dönüm noktasının yeri de teğet noktasına doğru yaklaşır.
- Limit durumda kırmızı çizginin bir kolu yatay ise, dönüm noktası bu kol üzerindeki teğetle çakışır ve aynı noktaya karşılık gelir.
- Dönüm noktasının kotu ve kilometresi aşağıdaki bağıntılar yardımıyla hesaplanır.



$$DN_{kot} = T_{1kot} + \frac{g_1^2 L}{2G}$$

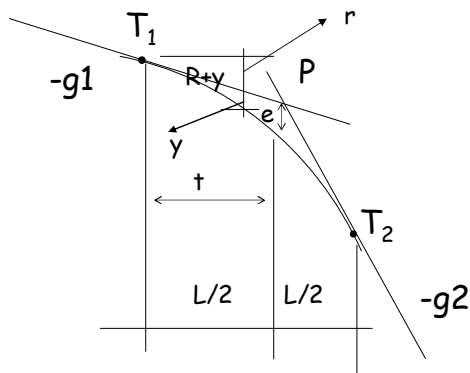
$$DN_{km} = T_{1km} + \frac{g_1 L}{G}$$

**Örnek:** Eğimleri sırasıyla  $g_1 = -\%1,6$ ;  $g_2 = -\%5$  olan 2 kırmızı kol arasına 2000 m yarıçaplı dairesel düşey kurb yerleştirilecektir. Some noktası  $P_{km} = 0+700$  m,  $P_{kot} = 96,8$  m.

- Düşey kurb uzunluğu  $L = ?$ , Düşey kurbun başlangıç ve bitiş km'si? ( $T_{1km} = ?$ ,  $T_{2km} = ?$ )
- Kurbun başı ve sonu ile birlikte,  $B_{kot} = 0+685$  m,  $0+720$  m noktalarındaki kırmızı kotlar = ?



a)  $L=2t$      $t=RG/2$      $G=-0,016-(-0,05)=0,034$   
 $t=2000*0,034/2=34$  m  
 $L=2t=34*2=68$  m     $P_{km}=0+700$  m,  $P_{kot}=96,8$  m.



$$T_{1km} = 0+700-68/2 = (0+666) \text{ m}$$

$$T_{2km} = 0+700+68/2 = (0+734) \text{ m}$$

b)  $T_{1kot} = P_{kot} + g_1 * L/2 = 96,8 + 0,016(68/2) = 97,34$  m  
 $T_{2kot} = P_{kot} - g_2 * L/2 = 96,8 - 0,05(68/2) = 95,10$  m  
 $B_{kot} = P_{kot} - e = 96,8 - ((34)^2 / (2 * 2000)) = 96,51$  m

$$e = t^2 / (2R)$$

$$y = \frac{x^2}{2R} \Rightarrow \frac{x^2}{2 * 2000} = 0,00025x^2$$

$$Y = 0,00025x^2$$



Parabolün denklemi;

$$Y=0,0025x^2$$

Kesit	Km'si	x	$r=-0,016x$	$T_{1kot+r}$	y	$T_{1kot+r}-y$
T1	0+666	0	0	97,34	0,0	97,34
1	0+685	19	-0,30	97,04	0,09	96,95
B	0+700	34	-0,54	97,80	0,29	96,51
2	0+720	54	-0,86	96,48	0,73	95,75
T2	0+734	68	-1,09	96,25	1,15	95,10



## Düşey kurlarda L boyu hesabı nasıl yapılır?

Özetlendiğinde;

**Tepe (Kapalı) düşey kurlarda kurb boyu (L)**

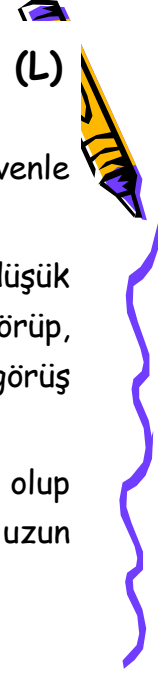
1. Yol tek platformlu ve çift yönlüyse, bir taşıtın önündeki taşıtı geçmesi için gerekli güvenli geçiş görüş uzunluğuna göre,

2. Yol çift platformlu ve tek yönlüyse şoförün önündeki belli yükseklikteki engeli görüp güvenle durabilmesi için gerekli duruş görüş uzunluğuna göre,



## Açık (dere) düşey kurbalarda kurb boyu (L)

- 1. Gece farının aydınlatması durumunda, güvenle durulabilecek görüş uzunluğuna göre,
- 2. Üst geçit mevcutsa, bu geçitin en düşük kirişinin belirlediği gabariden engeli görüp, şoförün güvenle durabileceği duruş görüş uzunluğuna göre, belirlenmelidir.
- Burada verilen L değerleri minimum değerler olup yapım şartları elverdiği takdirde daha uzun alınabilir.



## YATAY KURBALAR

- Doğrultu değiştirmeye yarayan elemanlardır.
- Güvenlik, kapasite ve seyahat konforu açısından önemlidir. (İyi projelendirilmezse işletme hızı düşer ve kapasite azalır).
- Merkezkaç kuvveti nedeniyle savrulma ve devrilmeli kazalar olabilir.



Arazi düz olsa bile yatay kurba yapılır.

**Çünkü:**

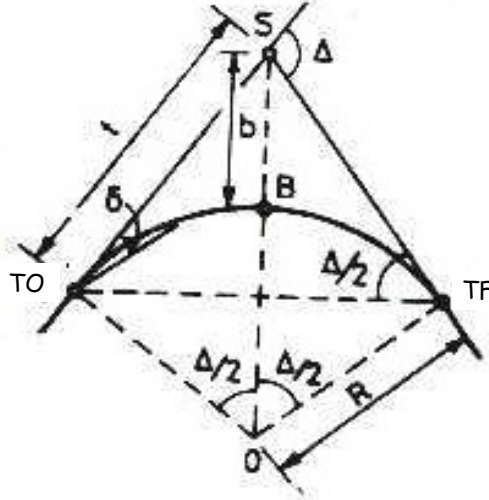
- Uzun alinyimanlar (8-10 m), sürücünün dikkatini dağıtır.
- Orta refüj yoksa, geceleyin karşılıklı far ışıkları göz kamaşmasına neden olur.
- Doğu-batı yönünde uzun süreli güneş etkisi söz konusu olur.
- Yukarıdaki her üç durum da kazalara neden olur; bunun için uzun alinyimanlar yerine, daha küçük uzunluktaki alinyimanları büyük yarıçaplı yatay kurbalarla bağlamak daha uygundur.

### Kurba Çeşitleri

- A) Basit daire kurbaları:** 2 Aliymanı bağlayan dairesel yaylar.
- B) Bileşik daire kurbaları:** Farklı yarıçapa sahip ortak teğetleri bulunan daire parçalarından oluşur.
- C) Ters daire kurbaları:** Ortak bir teğetin 2 yanında bulunan daire yaylarından oluşur.



## A) BASİT DAİRE KURBALARI



S= some noktası (alinyimanların kesişme noktası)

$\Delta$ = sapma açısı (alinyimanların kesiştikleri noktalardaki dış açı)

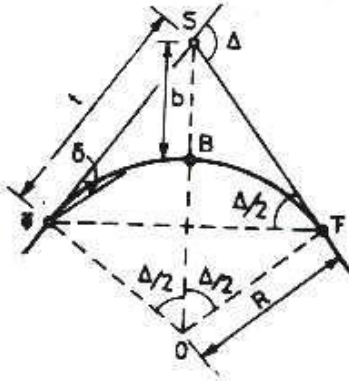
b= bisektris uzunluğu (some noktası ile kurba orta nokta arasındaki mesafe). B noktası da bisektris noktasıdır.

Developman boyu: TO ve TF noktaları arasındaki yay uzunluğu

R= yatay kurba yarıçapı

t=teğet uzunluğu

## Basit Daire Yayı



$$\text{Teğet uzunluğu } t = R \cdot \text{tg} \frac{\Delta}{2}$$

$$\text{Bisektris uzun. } b = R \left( \text{Sec} \frac{\Delta}{2} - 1 \right)$$

$$\text{Developman}(\overline{TF}) \quad d = \frac{2\pi R}{360} \cdot \Delta$$

veya

$$d = 100 \cdot \frac{\Delta}{D}$$

$$\overline{TF} \text{ giriş uzun.} = 2R \cdot \text{Sin} \frac{\Delta}{2}$$

Şekil 8.2. Kurba karakteristikleri

## ALINYİMAN



## BASİT DAİRE YAYI

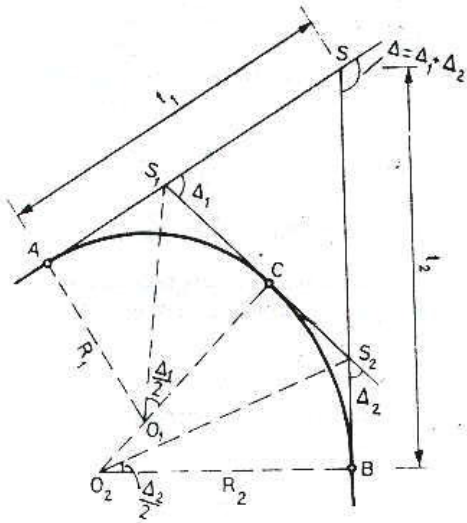


## B) Bileşik Kurbalar

Bir ortak teğetin aynı tarafında genellikle farklı yarıçapa sahip iki dairesel yaydan oluşan kurbalardır. Kullanılmaları zorunlu olmadıkça tavsiye edilmez. Güvenlik açısından büyük kurbaya ait yarıçapın, küçük kurba yarıçapına oranı 1.5 dan fazla olmamalıdır.



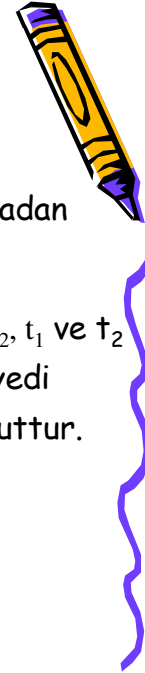
## B) Bileşik Kurbalar



Şekil 8.3. Bileşik kurba

İki basit kurbadan oluşur.

$\Delta$ ,  $\Delta_1$ ,  $\Delta_2$ ,  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $t_1$  ve  $t_2$  olmak üzere yedi elemanı mevcuttur.



1)  $\Delta_1, \Delta_2, R_1$  ve  $R_2$  biliniyor.  $t_1, t_2=?$

$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2$

$S_1A = S_1C = R_1 \cdot \text{tg}(\Delta_1/2)$

$S_2C = S_2B = R_2 \cdot \text{tg}(\Delta_2/2)$

$S_1S_2 = S_1C + S_2C = R_1 \cdot \text{tg}(\Delta_1/2) + R_2 \cdot \text{tg}(\Delta_2/2)$

$SS_1S_2$  üçgeninin bir kenarı ve açıları belli olduğundan

Şekil 8.3. Bileşik kurba

$\frac{\sin \Delta_2}{SS_1} = \frac{\sin \Delta_1}{SS_2} = \frac{\sin(180 - \Delta)}{S_1S_2}$

Buradan  $SS_1$  ve  $SS_2$  uzunlukları hesaplanır.

$t_1 = SS_1 + S_1A$

$t_2 = SS_2 + S_2B$

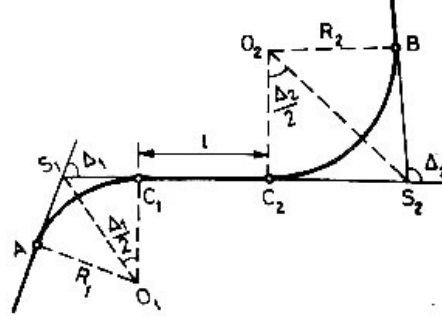
Şekil 8.3. Bileşik kurba



### C) Ters Kurbalar

-Ortak bir teğetin iki yanında bulunan iki dairesel kurbadan oluşur. **Düşük standartlı yollarda kullanılır.**

- İki kurba arasında deyer uygulamasına yetecek kadar düz bir kısım bulunması gerekir. Daha sonra görüleceği üzere minimum **60 metredir.**



Şekil 8.4. Ters kurba

### TERS KURBA





## TERS KURBA



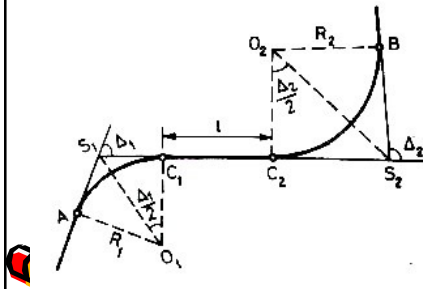
## Ters kurbalar

$S_1S_2$  uzunluğu ile  $l$ ,  $\Delta_1$ ,  $\Delta_2$  ve  $R_1$  in bilindiğini kabul edelim ve aranan  $R_2$  değeri olsun

$$C_2S_2 = S_1S_2 - l - R_1 \cdot \text{tg}(\Delta_1/2)$$

$$C_2S_2 = R_2 \cdot \text{tg}(\Delta_2/2)$$

$$R_2 = [S_1S_2 - l - R_1 \cdot \text{tg}(\Delta_1/2)] / \text{tg}(\Delta_2/2)$$



Şekil 8.4. Ters kurba

## KURBALARDA DÖNÜŞ

-Taşıtların kurbalara geldiğinde alinyimandaki hızlarını koruyacak şekilde hareket etmesi arzu edilir.

-Ancak özellikle dağlık bölgelerde yapılan düşük standartlı yollarda, yer yer küçük yarıçaplı kurbalar kullanılmak zorunda kalınabilir.



## KURBALARDA DÖNÜŞ

- Taşıtların emniyetli bir şekilde dönebilecekleri yatay kurba yarıçapı, taşıt tipi ve boyutları ile hızına bağlıdır.
- Kurbanın başlangıcında eğrilik yarıçapı sonsuz iken, bu değer sürekli küçülür ve kurba içersinde taşıt istenilen dönüş açısını kazandığında eğrilik yarıçapı sonsuz değere ulaşır.





## Kurbalarda Taşıtların Stabilitesi

Alinyimandan yatay kurbaya giren bir araç, merkezkaç kuvvetine maruz kalır. Merkezkaç kuvveti, dışa doğru savurma ve devirme etkisine sahiptir.

$$F = \frac{W}{g} \cdot \frac{v^2}{R}$$

W= taşıtın ağırlığı (kg)

V= taşıtın hızı (m/sn)

R= kurba yarıçapı (m)

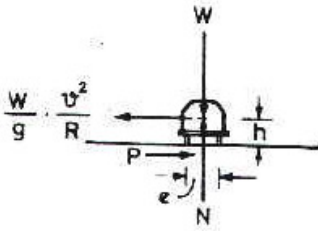
g= yerçekimi ivmesi

F= merkezkaç kuvveti (kg)



## Kurbalarda taşıta etkiyen kuvvetler

### 1) Deversiz Durumda



h= taşıtın ağırlık merkezinin yerden yüksekliği (m)

P= merkezkaç kuvvetini dengeleyen enine sürtünme kuvveti (kg)

$\mu_e$ = enine sürtünme katsayısı

e=iki tekerlek arası mesafe

(P= F kabul edilmiştir)

$$F=P= \mu_e \cdot N = \mu_e \cdot W$$

$$\mu_e = \frac{P}{W} = \frac{\frac{W}{g} \cdot \frac{v^2}{R}}{W} = \frac{v^2}{g \cdot R}$$

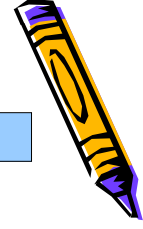


Taşıt hızı km/st,  $g= 9.81 \text{ m/sn}^2$  alınırsa bağıntı

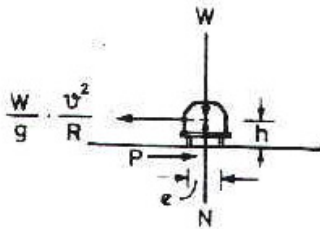
$$\mu_e = \frac{v^2}{127,4.R}$$

Deversiz durumda kurbada savrilmaya neden olan hız

$$V_{\text{sav}} = 11,3 \sqrt{\mu_e . R}$$



Yatay kurbalarda karşılaşılan merkezkaç kuvvetinin devirme etkisi, taşıtın  $W$  ağırlığının dıştaki tekerleklerin yol yüzeyine değdiği noktaya uyguladığı  $W.(e/2)$  momenti ile karşılanır.



$$F.h = W . \frac{e}{2} \Rightarrow \frac{W}{g} . \frac{v^2}{R} . h = W . \frac{e}{2}$$

$$v = \frac{v}{3,6} \quad g = 9.81 \text{ m/sn}^2$$

$$V_{\text{dev}} = 8,0 \sqrt{\frac{R.e}{h}}$$



$$\frac{V_{sav}}{V_{dev}} = \frac{11,3}{8,0} \sqrt{\frac{\mu_e \cdot h}{e}} \rightarrow \frac{V_{sav}}{V_{dev}} = 1,4 \sqrt{\frac{\mu_e \cdot h}{e}}$$

**Örnek:**  $\mu_e = 0,40$ ;  $h = 0,70$  m ve  $e = 1,80$  m ise

$$\frac{V_{sav}}{V_{dev}} = 1,4 \sqrt{\frac{0,40 \cdot 0,70}{1,80}} = 0,56$$

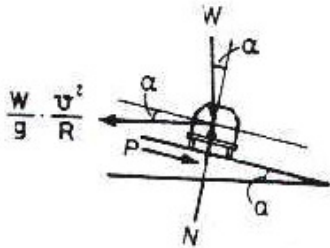
Yatay kurbalardaki kazaların devrilmeden çok, savrulmadan ileri geldiğini gösterir



## 2) Deverli Durumda

Uygulamada, taşıt stabilitesini bozan merkezkaç kuvvetinin savurma ve devirme etkilerini karşılamak için kurba içine doğru enine eğim (dever) yapılır.

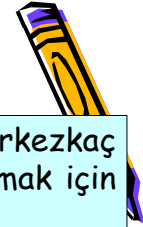
Deverli kurbalarda savrulma ve devrilmeye neden olan kritik hızlar:



$$V_{sav} = 11,3 \sqrt{\frac{R(\mu_e + \text{tga})}{1 - \mu_e \cdot \text{tga}}}$$

$\text{Tga} = 0$  ise

$$V_{sav} = 11,3 \sqrt{\mu_e \cdot R}$$



$$V_{dev} = 11,3 \sqrt{\frac{R(h.tga + \frac{e}{2})}{h - tga.\frac{e}{2}}}$$

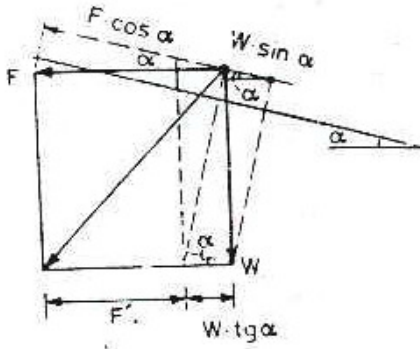
Verilen bağıntılara göre,  $V_p$  proje hızı için savrulma ve devrilmeye karşı uygulanması gereken minimum kurba yarıçapları

$$R_{min(sav)} \geq \frac{V_p^2 \cdot (1 - \mu_e \cdot tga)}{127,4 \cdot (\mu_e + tga)}$$

$$R_{min(dev)} \geq \frac{V_p^2 \cdot (h - \frac{e}{2} \cdot tga)}{127,4 \cdot (h \cdot tga + \frac{e}{2})}$$



## Enine İvme



$$F' = F - W.tg\alpha$$

$$m.p = m \cdot \frac{v^2}{R} - m.g.tg\alpha$$

$d = tg\alpha = d/100$  olduğuna göre

$$p = \frac{v^2}{R} - g \cdot \frac{d}{100}$$

$$p = \frac{v^2}{12,96.R} - 0,0981.d$$

$p$  = enine ivme ( $m/sn^2$ )  
 $V$  = taşıt hızı ( $m/sn$ )  
 $m$  = taşıt kütlesi ( $kg$ )  
 $d$  = enine eğim (dever (%))  
 $R$  = kurba yarıçapı ( $m$ )



**Sademe:** Kurbada meydana gelen enine ivmenin birim zamandaki değişimine **sademe** adı verilir

t, L uzunluğundaki geçiş eğrisinin katedilmesi için gereken zaman olup, değeri: **t= L/v veya 3,6L/v dir.**

$P' = 0,3 \text{ m/sn}^3$  den itibaren sademe hissedilir. En yüksek değer  $0,6 \text{ m/sn}^3$  alınır.

$$p' = \frac{dp}{dt} = \frac{p}{t}$$
$$p' = \frac{v^2}{12,96.R} \cdot \frac{v}{3,6.L} - 0,0981.d \cdot \frac{v}{3,6.L}$$
$$p' = \frac{v^3}{46,7.R.L} - \frac{v.d}{36,7.L}$$



### En Küçük Kurba Yarıçapı

$$\frac{v^2}{g.R} = \text{tga} + \mu_e + \mu_e \cdot \frac{v^2}{g.R} \cdot \text{tga}$$
$$\frac{v^2}{g.R} = \text{tga} + \mu_e$$
$$\frac{v^2}{127.R} = d + \mu_e \quad v = v/3,6 \quad g = 9,81$$
$$R_{\min} = \frac{v_p^2}{127(d + \mu_e)}$$

Formülden görüleceği üzere, merkezkaç kuvvetinin bir kısmı dever ile bir kısmı enine sürtünme katsayısı ile karşılanmaktadır.

Enine sürtünme katsayısı, kuru yollarda 0,40-0,50 değerlerine kadar çıkabilir, hız arttıkça küçülür.



## Enine sürtünme katsayısının hıza bağlı değişimi

Proje hızı(km/st)	50	70	90	100	110	120
Enine sürtünme katsayısı	0,16	0,15	0,13	0,13	0,12	0,12

## DEVER

Taşıtın maruz kaldığı enine ivme tamamen enine eğim yani dever ile karşılanırsa, **enine ivme** sıfır demektir. Bu şekilde elde edilen devere **teorik dever** adı verilir.

Enine ivme bağıntısı sıfıra eşitlenerek bulunur.

$$p = \frac{v^2}{12,96.R} - 9,81.d = 0 \text{ ve } v = v_p$$

$$d_{teo} = 0,00786 \cdot \frac{v_p^2}{R}$$

## Deverin fazla değer almasının sakıncaları

- Kurba içinde duruş halinde veya yavaş seyreden motorlu ve motorsuz taşıtlar için kurbanın içine doğru kayma ve devrilme tehlikesi mevcuttur.
- Bu nedenle üst dever limiti %8-10 arasındadır.
- Kar ve don tehlikesi bulunan kesimlerde ve kent içi yollarda daha düşük tutulur.



Gerçekte enine ivmenin bir kısmı deverle bir kısmı da enine sürtünme ile karşılanır. Yarısının dever, yarısının da enine sürtünme ile karşılandığı durumda dever miktarı

$$d = 0,00393 \cdot \frac{v_p^2}{R}$$

Km/h

m



## Türkiye'de dever formülü

$$d_{teo} = 0,00443 \cdot \frac{v_p^2}{R}$$

Maksimum dever: %10

$V_p$  = proje hızı (km/st)

R = kurba yarıçapı (m)

$$L_d = 0,0354 \cdot \frac{v_p^3}{R}$$

$L_d$  = rakordman uzunluğu  
(dever uygulama uzunluğu)

$L_{d(min)} = 45$  m

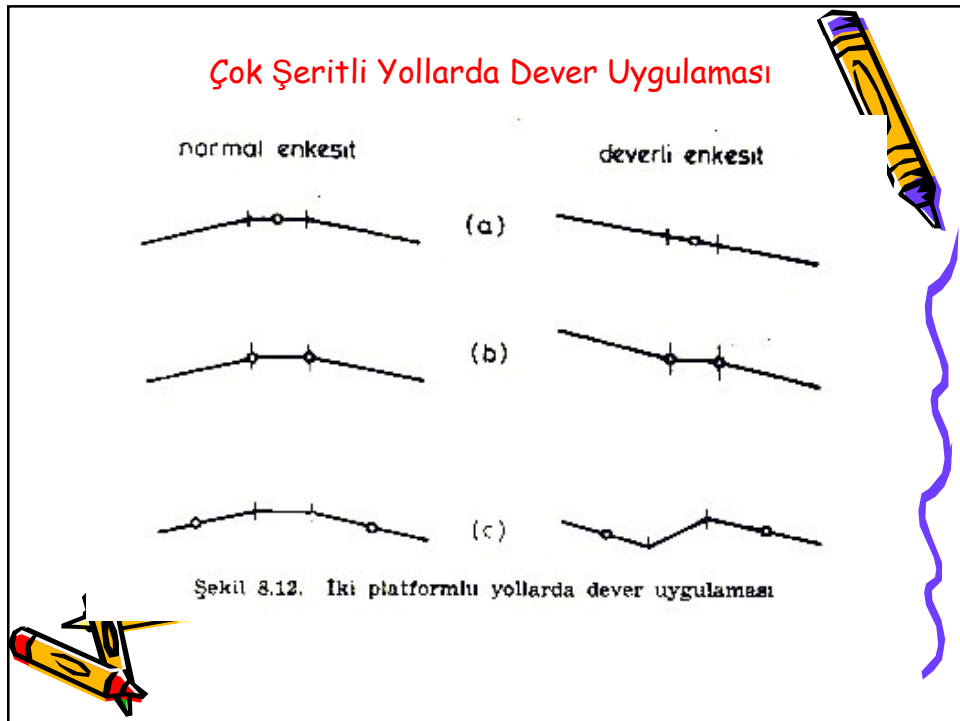
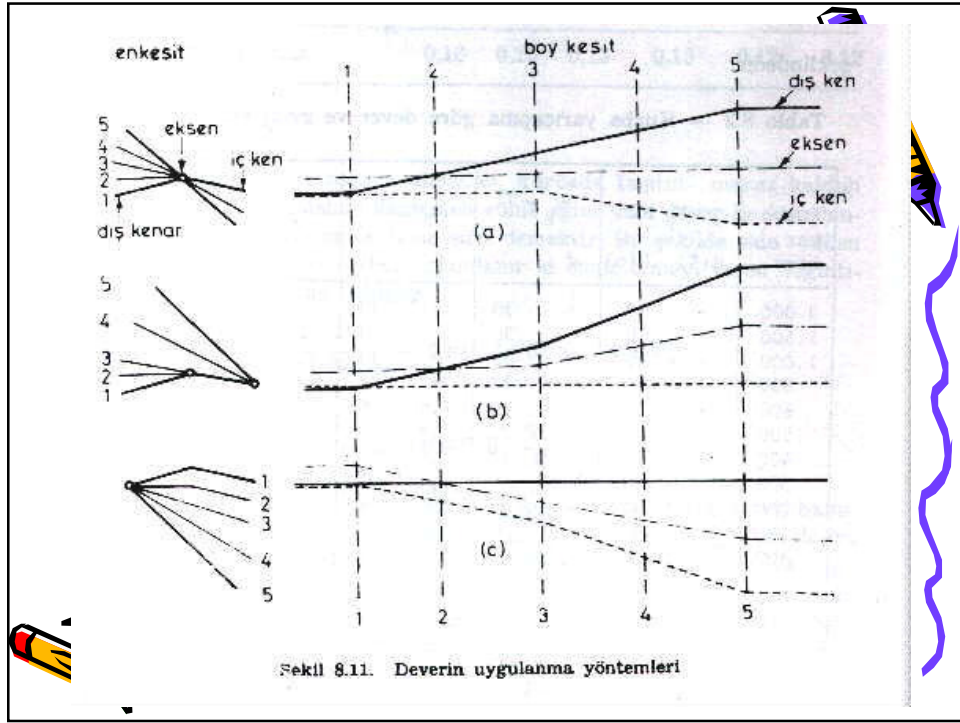


## Deverin Uygulanması

- Yolun eksen hattının sabit tutulup, iç kenarın düşürülüp, dış kenarın yükseltilmesi,
- Yolun iç kenar kotunun sabit tutulup, eksen hattı ve dış kenarın yükseltilmesi,
- Dış kenar kotunun sabit tutulup, iç kenar ve eksen kotlarının düşürülmesi







### Örnek:

Proje hızı 90 km/st için, yarıçap değerleri sırasıyla R1=400 m, R2=350 m, R3=300 m, R4=200 m olan 4 farklı yatay kurbada uygulanacak dever miktarını belirleyiniz. Hangi kurlarda hız sınırlamasına ihtiyaç olduğunu belirtiniz.



### Çözüm:

$$d = 0,00443 \frac{v_p^2}{R}$$

$$d_1 = 0,00443 \frac{90^2}{400} = \%8,9$$

$$d_2 = 0,00443 \frac{90^2}{350} = \%10$$

$$d_3 = 0,00443 \frac{90^2}{300} = \%12$$

$$d_4 = 0,00443 \frac{90^2}{200} = \%18$$

Dever %10 a indirilecek, bu durumdaki hız hesaplanacak!!!

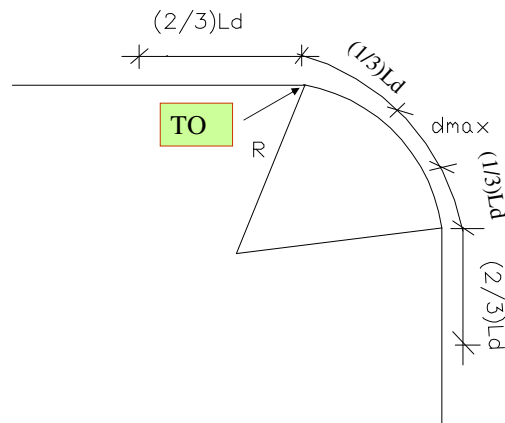


## Geçiş Eğrisiz Dever Uygulaması

Yatay kurbda uygulanacak olan dever birden bire verilmez. Bu geçiş kısmı uygun bir biçimde yapılmalıdır. Bir geçiş eğrisi ile oluşturulacağı gibi düz olarak da yapılabilir. Geçiş eğrisiz durumunda dever  $T_1$  teğetinden belli bir mesafe önceden verilir. Belli bir uzunluk boyunca dever artırılarak maksimum hale getirilir.

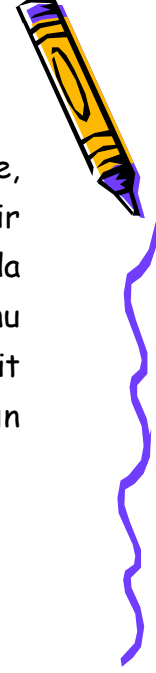


## Geçiş Eğrisiz Dever Uygulaması



### Örnek:

Proje hızı 80 km/st, platform genişliği 10 metre, alinyimanda enine eğimi %2 olarak planlanan bir yol için 400 metre yarıçaplı bir yatay kurbada uygulanacak dever miktarı ve rakordman boyunu hesaplayarak, eksen hattının (kotunun) sabit tutulmasına göre, platformun iç ve dış kenarının durumunu plan ve boykesitte gösteriniz.



### Çözüm:

R=400 m, Proje hızı 80 km/st  
platform genişliği:10 metre

$$d = 0,00443 \frac{V_p^2}{R} = 0,00443 * \frac{80^2}{400} = 0,07$$

$$L_d = 0,0354 \frac{V_p^3}{R} = 0,0354 * \frac{80^3}{400} = 45,31m$$

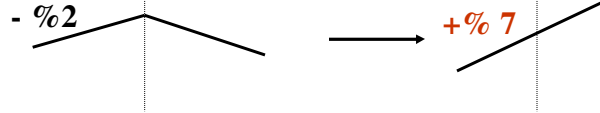


**Dever uygulama uzunluğu min Ld=45 m olmalı!!!!**



$$\frac{2}{3}L_D = \frac{2}{3} * 45 = 30\text{m} \quad \frac{1}{3}L_D = \frac{1}{3} * 45 = 15\text{m}$$

Eğim değişim miktarı:  $-0,02 - (+0,07) = -0,09$



Alinyimanda enine eğim

Maksimum deverde enine eğim



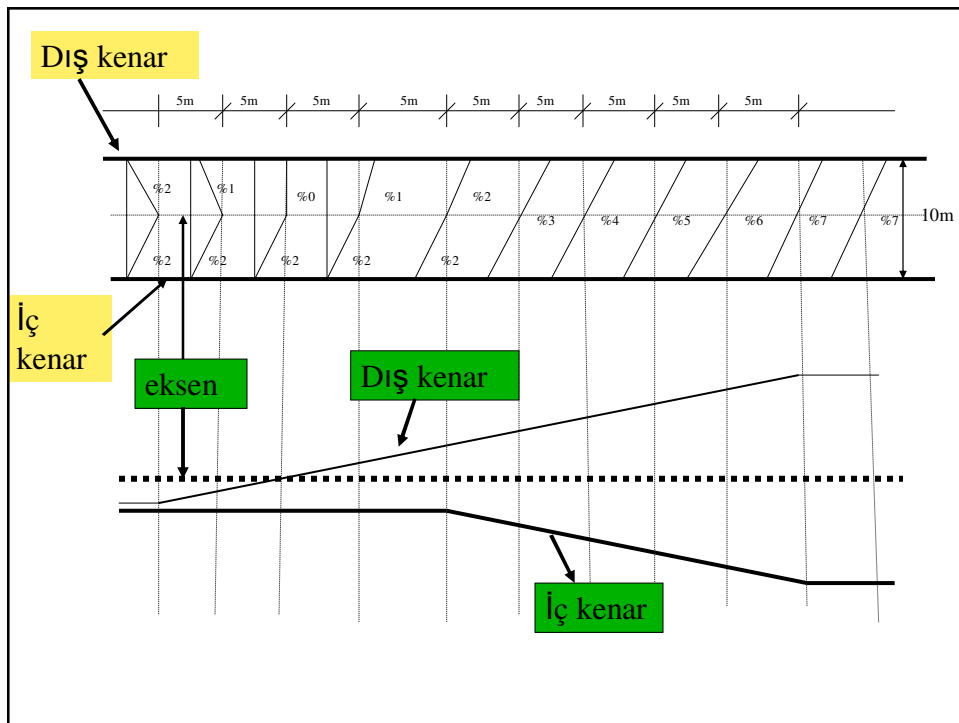
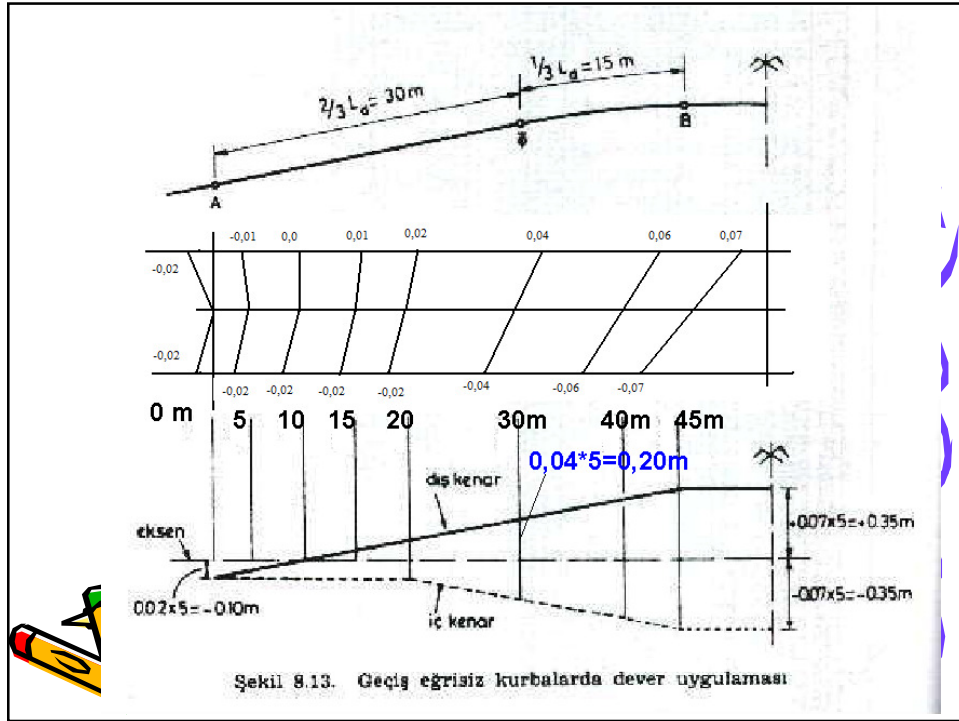
Rakordman uzunluğu 45 metreden küçük olamaz!!!

Hesaplanan uzunluk 45 metre olduğu için, dever bu uzunlukta değişecektir. Eğim değişimi mesafe ile lineer olarak artacaktır.

% 9 eğim 45 metrede değişecekse  
% 1 eğim kaç metrede (x) değişir?

$$x = 45 * 0,01 / 0,09 = 5 \text{ metre}$$





### Örnek:

Proje hızı 70 km/st, platform genişliği 12 metre, alinyimanda enine eğimi %2 olarak planlanan bir yol için 300 metre yarıçaplı bir yatay kurbada uygulanacak dever miktarı ve rakordman boyunu hesaplayarak, eksen hattının (kotunun) sabit tutulmasına göre, platformun iç ve dış kenarının durumunu plan ve boykesitte gösteriniz.



### Çözüm:

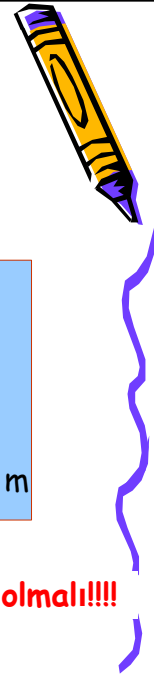
R=300 m, Proje hızı 70 km/st  
platform genişliği:12 metre

$$d = 0,00443 \frac{V_p^2}{R} = 0,00443 * \frac{70^2}{300} = 0,07$$

$$L_d = 0,0354 \frac{V_p^3}{R} = 0,0354 * \frac{70^3}{300} = 40,47 \text{ m} < 45 \text{ m}$$

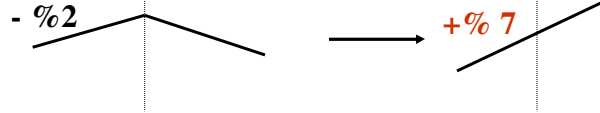


**Dever uygulama uzunluğu min Ld=45 m olmalı!!!!**



$$\frac{2}{3}L_D = \frac{2}{3} * 45 = 30\text{m} \quad \frac{1}{3}L_D = \frac{1}{3} * 45 = 15\text{m}$$

Eğim değişim miktarı:  $-0,02 - (+0,07) = -0,09$



Alinyimanda enine eğim

Maksimum deverde enine eğim



Rakordman uzunluğu 45 metreden küçük olamaz!!!

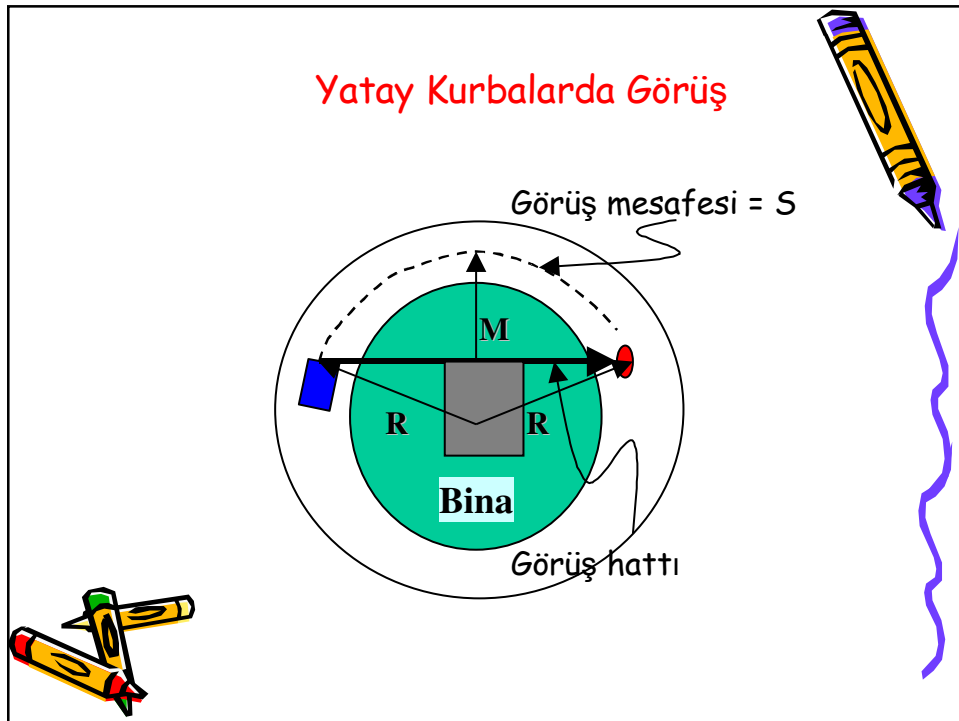
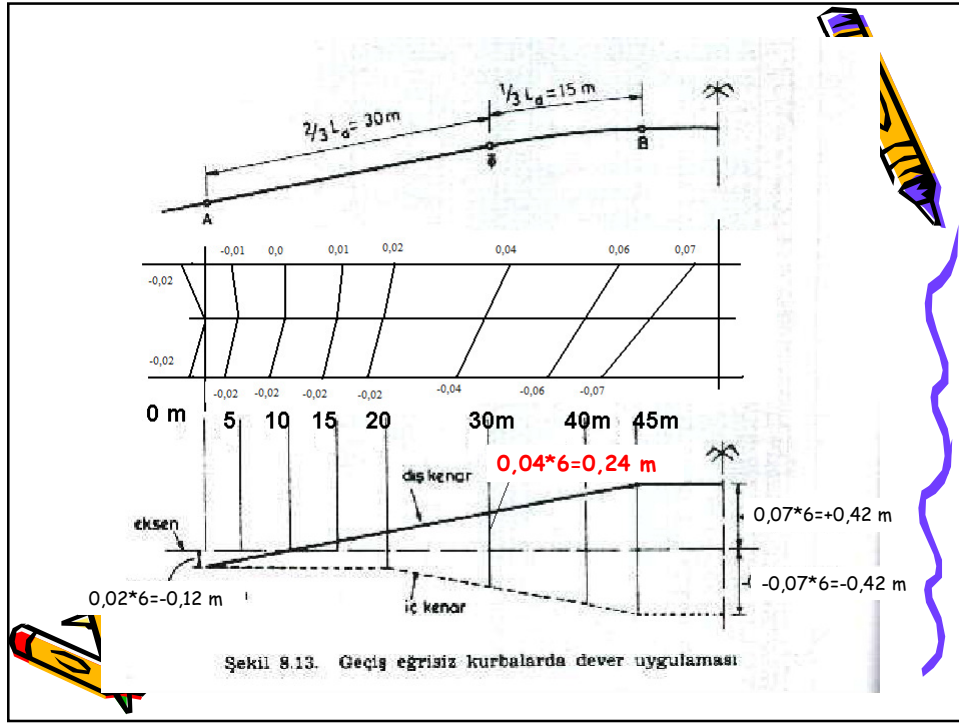
Hesaplanan uzunluk 45 metre olduğu için, dever bu uzunlukta değişecektir. Eğim değişimi mesafe ile lineer olarak artacaktır.

% 9 eğim 45 metrede değişecekse  
% 1 eğim kaç metrede (x) değişir?

$$x = 45 * 0,01 / 0,09 = 5 \text{ metre}$$



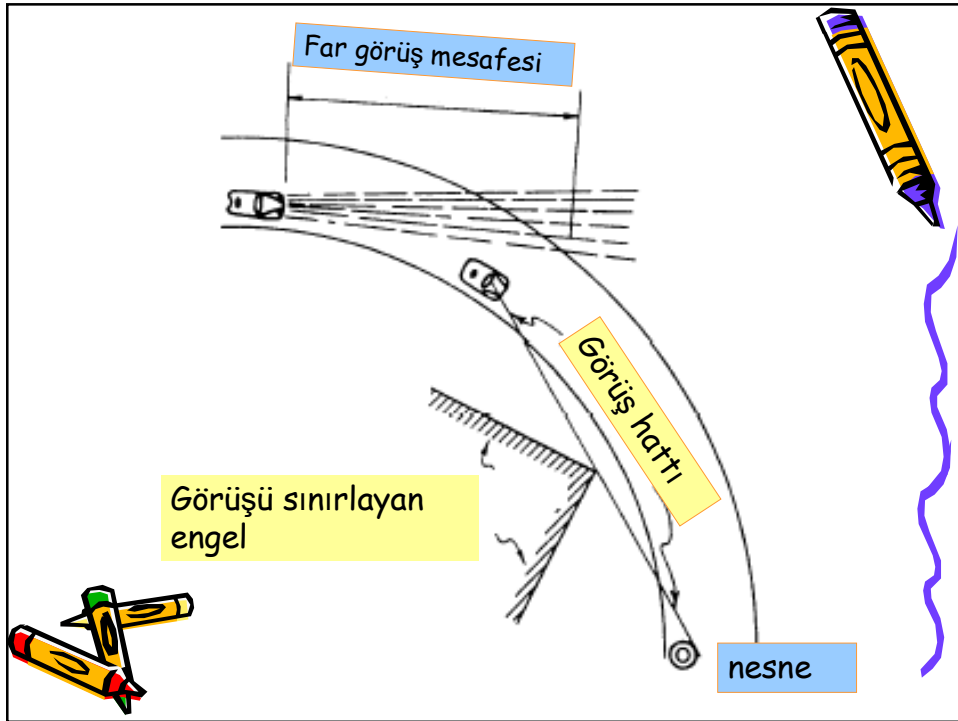




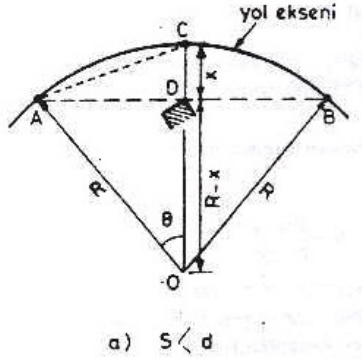
## Yatay Kurbalarda Görüş

-Yatay kurbalar içerisine düşen binalar, yarma şevleri veya benzeri sabit engeller görüş mesafesini azaltır.

-Çözüm olarak: mümkünse, sabit engeller uzaklaştırılmalı veya kaldırılmalı; mümkün değilse yarıçap büyütülmeli veya güzergah kaydırılmalıdır. Eğer yarma şevi mevcutsa, traşlanmalıdır.



### S < d durumu



$$AC^2 = AD^2 + x^2$$

$$AD^2 = R^2 - (R-x)^2$$

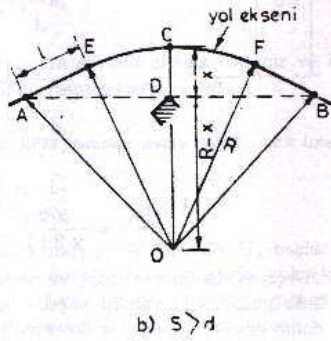
$$AC^2 = 2Rx$$

$$AC = \frac{1}{2} S \text{ kabul ederek}$$

$$S^2/4 = 2Rx$$

$$X = S^2/8R$$

d = developman boyu



EF = d = developman boyu

$$S = d + 2l$$

$$l = (S - d)/2$$

Diğer yandan  $ACD$ ,  $ADO$  ve  $EAO$  üçgenlerinden

$$AC^2 = AD^2 + x^2 \quad AD^2 = AO^2 - (R-x)^2 \quad AO^2 = l^2 + R^2$$

Bilinen değerler yerine yazılırsa,  $AC = 1/2S$  kabul edilirse

$$x = \frac{d \cdot (2S - d)}{8R}$$

(öteleme mesafesi)


### Örnek:

Proje hızı 80 km/st seçilen bir karayolunda mevcut 100 m yarıçaplı ve  $d=100,15$  grad sapma açılı bir yatay kurbta sabit engelin platform eksenine olan uzaklığı en az ne olmalı?

$$d=8+0,3V$$

$$d_1=8+0,3*80=32 \text{ m}$$

$$d_2=8+0,3(80-15)=27,5 \text{ m}$$


$$S = l_s = \frac{d_1 + d_2}{V_1 - V_2} V_1 \Rightarrow \frac{32 + 27,5}{15} 80 = 317,33 \text{ m}$$

### Kurb developman boyu:

$$d = \frac{2\pi R}{400} D \Rightarrow \frac{2\pi * 100}{400} 100,15 = 157,31 \text{ m}$$

$$d < S$$

$$x = \frac{d(2S - d)}{8R} = \frac{157,31(2 * 317,33 - 157,31)}{8 * 100} = 93,86 \text{ m}$$



Kurbta sabit engelin platform eksenine uzaklığı en az 93,86 m olmalıdır.

### Örnek:

Çift platformlu bir karayolunda proje hızı 100 km/h, iç platform eksen yarıçapı 300 m, kesişme açısı  $D=85^\circ$ , kayma sürtünme açısı  $f=0,30$ , sürücü intikal süresi  $t_r=1$  sn, yol eğimi=0. Anılan eksenden itibaren 8 m uzaklıkta yer alan düşey kaya kütesinin ne kadar traşlanması gerektiğini tayin ediniz.

Yol çift platformlu olduğundan, duruş görüş uzunluğu esas alınır.



$$S = l f t_r + 0,00394 \frac{V_p^2}{f \pm s}$$

$$S = 0,278 * 100 * 1 + 0,00394 \frac{100^2}{0,3} = 159,13 \cong 160 \text{ m}$$

Yatay kurbta developman boyu;

$$d = \frac{2\pi R}{360} D = \frac{2\pi * 300 * 85}{360} = 445,06 \text{ m}$$

$$S < d, 160 < 445 \quad x = \frac{S^2}{8R} = \frac{160^2}{8 * 300} = 10,67 \text{ m}$$

Bu durumda düşey kaya kütesi  $10,67-8=2,67$  m daha traşlanmalı.



Örnek:

Proje hızı 90 km/st olan bir karayolu kesiminde,yarıçapı 400 metre, sapma açısı 85° olan bir kurba üzerinde eksenden 15 metre ileride sabit bir engel bulunmaktadır. Geçiş görüş uzunluğunun sağlanabilmesi için engelin mevcut durumu uygun mudur? Değilse ne yapılmadır.

$$D_1 = 8 + 0,2V = 8 + 0,2 \cdot 90 = 26m \quad D_2 = 8 + 0,2V = 8 + 0,2 \cdot 75 = 23m$$

$$L_s = S = (d_1 + d_2) \cdot V_1 / (V_1 - V_2) = (26 + 23) \cdot 90 / (90 - 75) = 294m$$

$$d = \pi \cdot R \cdot \Delta / 180 = 593m \text{ (developman boyu)}$$

$$S < d \text{ dir. } X = S^2 / 8R = (294)^2 / 8 \cdot 400 = 27 \text{ metre}$$

$$27 - 15 = 12 \text{ metre güzergah ötelenmelidir}$$

## 1. KAVŞAK NEDİR?

- İki veya daha fazla karayolunun kesişmesiyle oluşan ortak alana **kavşak** denir.
- Bir yolun kavşağa birleşen kısmına **kavşak ayağı** ya da **kavşak kolu** olarak adlandırılır.
- Kavşaklar, karayollarında güvenliğin en az olduğu, bunun yanında karayolun kapasitesini belirleyen kesimlerdir.
- Temel olarak kavşaklar ikiye ayrılır.
  - Kavşak alanının farklı akımlar tarafından sırayla kullanıldığı **eşdüzey kavşaklar**.
  - Kavşak alanının farklı akımlar tarafından aynı anda kullanıldığı **katlı kavşaklar**. (**köprülü kavşaklar**)

## 2. EŞDÜZEY KAVŞAK TIPLERİ

### 1. Geometrik Durumlarına göre

#### 1.1. Dik ve Eğik kavşaklar

#### 1.2. T Kavşağı

##### 1.2.1. Dönüş şeritli T Kavşağı

#### 1.3. Çatal Kavşak

##### 1.3.1. Dönüş şeritli Çatal Kavşak

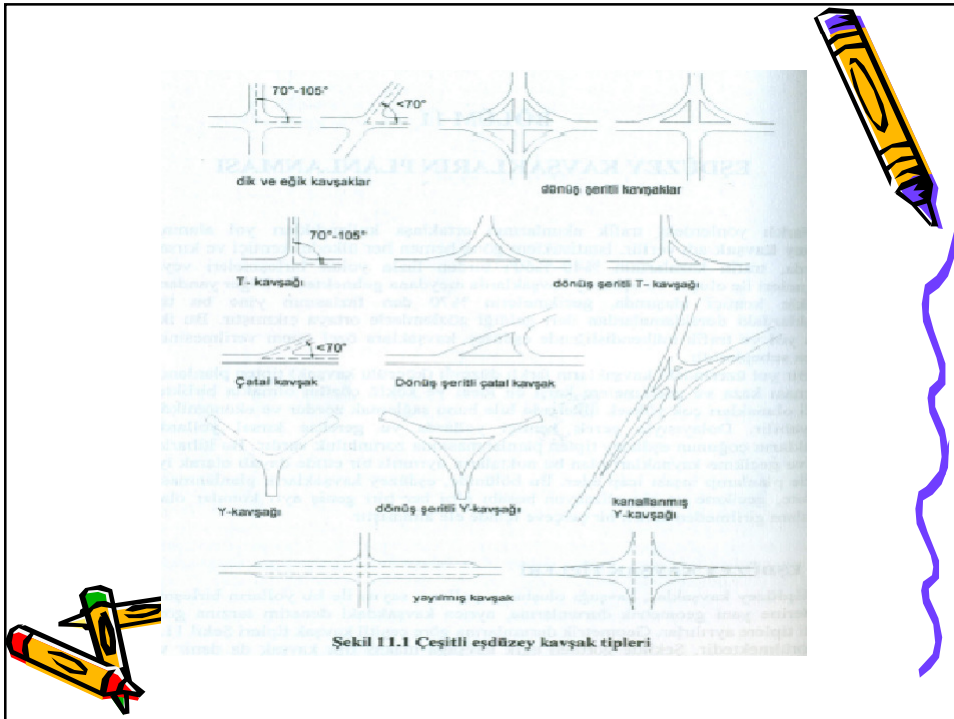
#### 1.4. Y Kavşağı

##### 1.4.1. Dönüş şeritli Y Kavşağı

##### 1.4.2. Kanallanmış Y Kavşağı

#### 1.5. Yayılmış Kavşak

#### 1.6. Dönüş Şeritli Kavşaklar

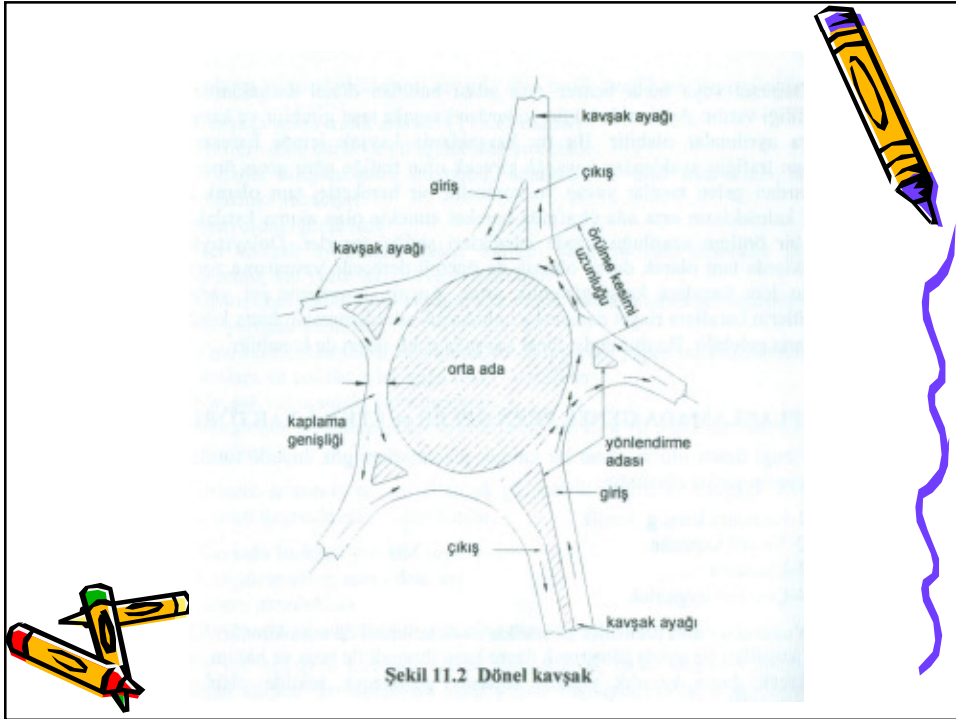


## 2. Kavşak ayaklarının sayısına göre

- 2.1. Üçlü
- 2.2. Dörtlü
- 2.3. Çok Ayaklı

## 3. Denetim şekillerine göre

- 3.1. Denetimsiz
- 3.2. Denetimli
- 3.3. Dönel Kavşaklar



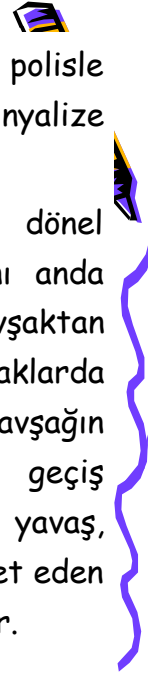


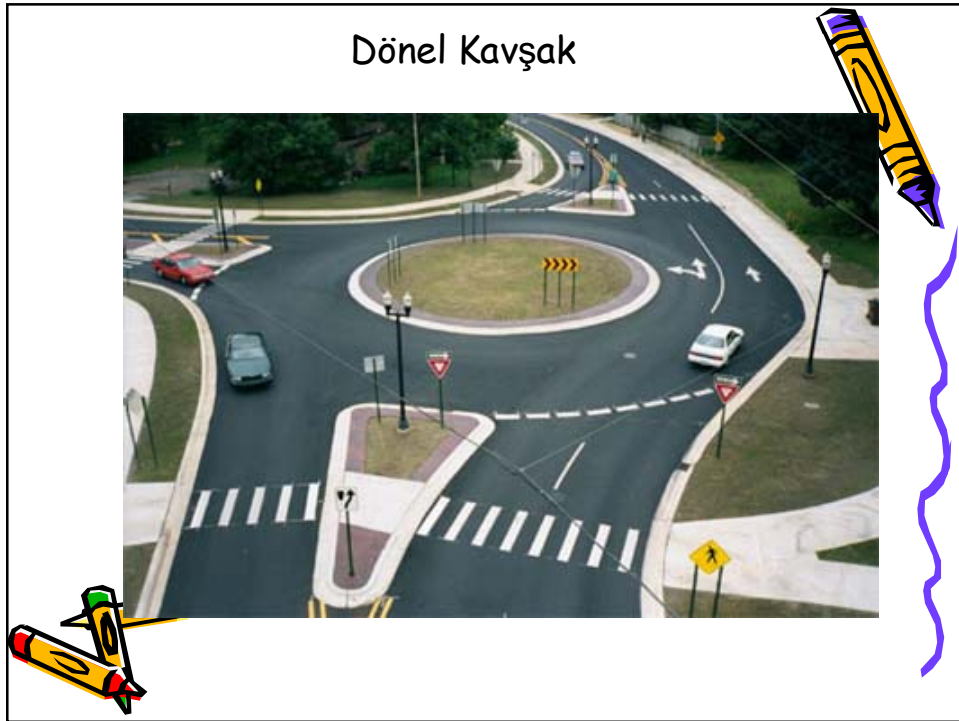
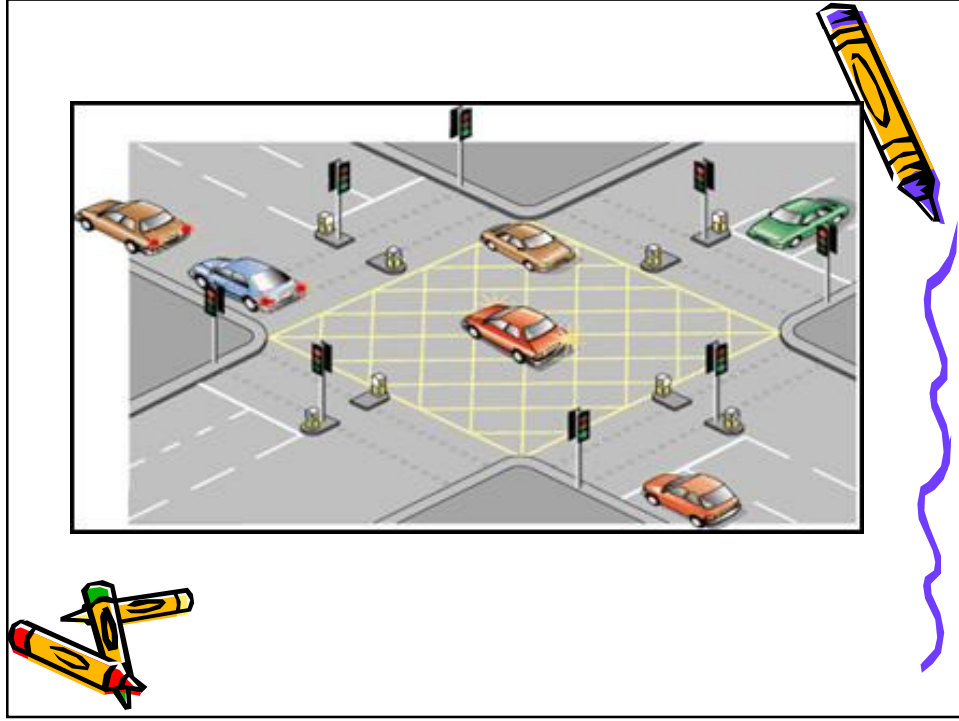
3.1. Denetimsiz kavşaklarda taşıt hareketleri, ışısız trafik işareleri ile düzenlenir. Yollardan birisi taşıdığı trafik miktarı veya geometrik standartları itibariyle ana yol durumundadır. Ve bu yolda seyreden taşıtlar ilk geçiş hakkına sahiptirler. Trafik güvenliği açısından tali yolda diğer yolların başlangıcına "DUR", "YOL VER" anlamında işareler konur.



3.2. Denetimli kavşaklarda taşıt hareketleri ise, polisle ya da ışıklı işarelerle düzenlenir. (sinyalize kavşaklar)

3.3. Dairesel veya eliptik orta adası bulunan dönel kavşaklarda hareket sürekliliği vardır. Aynı anda bütün yollarda kavşağa taşıt girebilir. Ve kavşaktan bu yollara ayrılmalar olabilir. Bu tür kavşaklarda kavşak içinde hareket halinde bulunan kavşağın ayaklarından girecek olan trafiğe göre geçiş üstünlüğü olan ayaklardan gelen taşıtlar yavaş, konforlu bir şekilde orta ada etrafında hareket eden akıma katılabilir, istedikleri şeride geçebilirler.





### 3. KAVŞAK TASARIMINDA TEMEL İLKELER

- Güvenlik.
  - Gerek taşıt gerek yaya trafiğinin sürekliliğinin sağlanması.
  - Hızın kontrol altına alınması.
- Yeterli hizmet düzeyi.
  - Yavaşlama ve durmalar nedeniyle oluşan gecikmelerin azaltılması.
- Ekonomi.
  - Yatırım maliyeti
  - Taşıt işletme maliyetlerinin azaltılması.
- Estetik (Çevreye uygunluk).



### 4. KAVŞAK TASARIMI İÇİN GEREKLİ VERİLER

- **Trafik Verileri**
  - Anayol ve tali yolların bütün yönlerdeki trafik sayımları (taşıt sınıfına göre ve saat, gün, YOGT).
  - Zirve saat değerleri.
  - Taşıt karakteristikleri ve cinsleri.
  - Bütün kesişen yollar için taşıt hızları.
  - Yaya trafik sayımları ve hareketleri (özellikle kentsel alanlarda).
  - Kaza raporları, analizleri ve istatistikleri.



### Kavşağın yol ağı içindeki önemi,

- Kavşağa birleşen yolların sınıfı ile ilgili olup, kavşağın geometrik standartları ile uygulanacak denetim şeklinin seçiminde yardımcı olur. Örneğin; yüksek hızlı bir anayol üzerindeki kavşakta güvenlik çok yüksek gecikme en az olmalıdır.

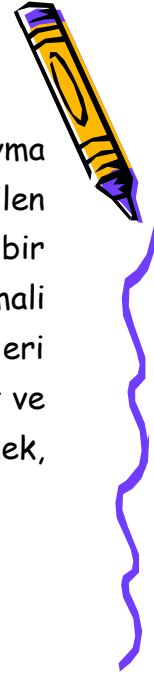
### Kavşağı oluşturan yolların geometrik özellikleri,

- Kavşağa birleşen yolların sayısı
- Kollar arasındaki açı
- Görüş mesafeleri
- Diğer kavşakların uzaklıkları



### Sürücü ve yaya davranışları,

- İlk geçiş hakkı konusunda kurallara uyma hususunda dönel tip kavşaklarda belirtilen kapasitelere uymak zor olduğundan böyle bir bölgedeki denetimsiz kavşaklarda kaza ihtimali yüksektir. Yayaların kurallara riayet dereceleri azsa, bunlar için kavşak yakınlarında zorunlu alt ve üst geçitler yapıp kaza ihtimalini düşürmek, kavşak kapasitesini arttırmak mümkün olabilir.



## Yakın kavşaklarda uygulanan/uygulanacak denetim şekilleri,

- Birbirini izleyen kavşaklarda farklı denetim şekillerinin uygulanması sürücü davranışlarını kötü yönde etkileyen yani kapasiteyi azaltıp kaza ihtimalini artıran bir husustur.

## Bölgesel Veriler,

- Kavşak bölgesinin topografik durumu ve haritası.
- Kesişen yolların yatay ve düşey geometrileri, enkesit tipleri ve kaplama durumları.



## Bölgesel Veriler,

- Mevcut zemin ve drenaj sistemi.
- Kavşak bölgesi için kültürel, tarihi, fiziksel ve hukuki sınırlamalar getirecek durumlar.
- Kavşak bölgesinde bulunan yerel, imar yolları, mevcut, planlanmış kavşakların kategori ve tipleri.
- Mevcut imar koridoru ve kamulaştırma sınırları.
- İlgili yerel yönetim, idare ve kurumların ihtiyaçları.
- Özellik taşıyan tesis ve kurumların konumu.

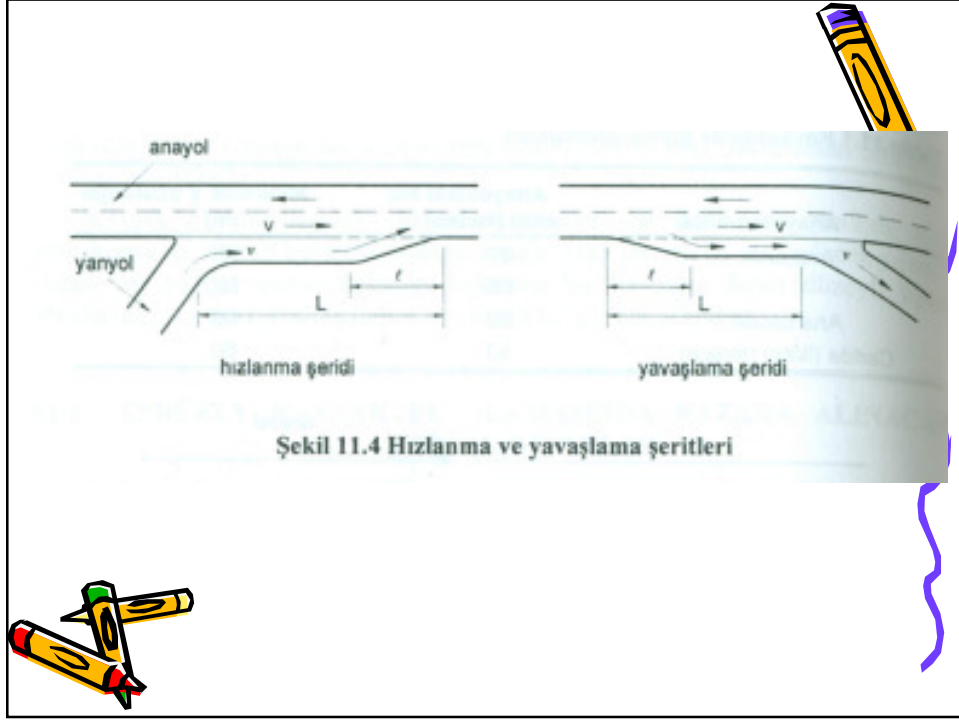


### Eş düzey kavşak planlamasında diğer hususlar,

- Kavşağa girecek sürücülerini şaşırtacak düzenlemeden kaçınılmalı.
- Trafik akımının kavşak içindeki sonraki yörüngesi kesin olarak sınırlandırılmalı, birleşme, ayrılma, ve kesişme açıları güvenlik ve kapasiteyi artıracak şekilde olmalı.
- Dönüşlerdeki köşeler yeterince yuvarlatılıp, taşıtların dönerken rahat dönmeleri sağlanmalıdır. (Otobüs ve kamyonlarda en az 10 m, diğer araçlarda en az 6 m yarıçaplı olmalıdır.)
- Farklı yönlerden gelen sürücüler birbirini emniyetli bir mesafeden kolayca görebilmelidir.

### HIZLANMA VE YAVAŞLAMA ŞERİTLERİ

- Bir yan yoldan gelen ve anayoldaki hızlı trafik akımına katılmak isteyen, ya da anayoldaki akımdan yan yola ayrılacak olan sürücülerin bu manevralarını kolaylıkla ve güven içinde yapabilmeleri için bu iki yolun birleştiği yerlerde hızlanma ve yavaşlama şeritleri yapılır. Bu şeritlerin uzunlukları anayol ve yan yoldaki hız durumlarına göre belirlenir. Hızlanma ve yavaşlama şeritlerinin genişlikleri 3~3,5 m arasında olmalıdır.

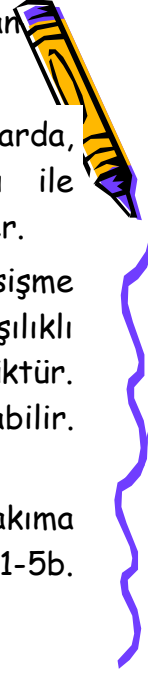


### Trafiğin Yönlendirilmesi (Kanallama)

Kavşaklarda ve gerekli görülen ara noktalarda, yol veya kavşağın kapasitesini arttırmak, ayrıca trafik güvenliğini sağlamak amacı ile taşıt ve yaya hareketlerinin hız, yörünge vb. yönlerden kontrol altına alınması gerekir ki buna trafiğin yönlendirilmesi ya da kanallama adı verilir. Yönlendirmede çeşitli düşey işaretler ile birlikte kaplama üzerine yazılmış yazı ve işaretler, yüzeysel pürüzlülükler, ayrıca yükseltilmiş orta ada, bordür ve korkuluk gibi fiziki engeller kullanılır.

Başlıca yönlendirme şekilleri ve bunlardan beklenen faydalar şöyle sıralanabilir.

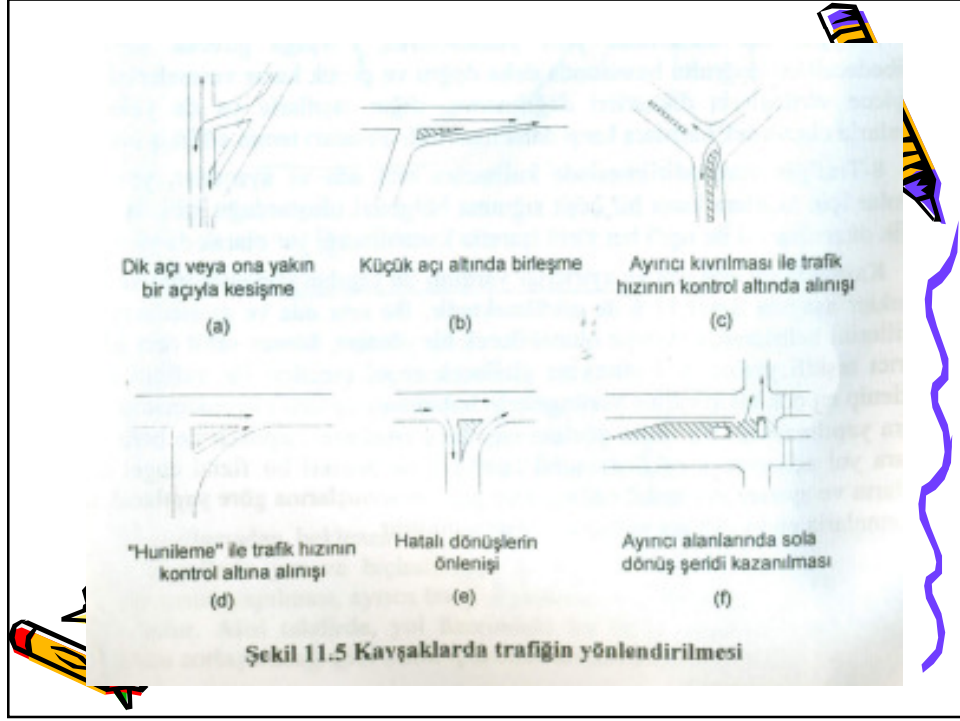
1. Geniş ve tümü ile kaplanmış kavşaklarda, sürücüler kaza riski azaltılması amacı ile önceden belirlenen yörüngelere sevk edilirler.
2. Farklı doğrultudaki trafik akımlarının kesişme açıları küçük ise bu trafik akımında karşılıklı gelen taşıtların çarpışmalarının şiddeti büyüktür. 75~105 derece uygun kesişme açıları sayılabilir. Şekil 11-5a
3. Yanyoldan gelen taşıtların anayoldaki akıma katılmaları küçük açı ile olmalı. Şekil 11-5b. Böylece kavşağın kapasitesi artırılmış olur.



4. Trafik akımının doğrultusu değiştirilir ya da hunileme yapılarak sürücü yavaşlamaya zorlanır. Şekil 11.5-c ve d.
5. Yine yönlendirme ile sürücülerin istenmeyen yönlere dönüşleri engellenebilir. Şekil 11.5-e.
6. Kavşaklarda orta ayırıcıyı daraltmak suretiyle yapılan yönlendirme, sola dönüşü kolaylaştırır ve bu dönüşün yandan düz olarak geçen trafiğe olan yavaşlatıcı etkilerini azaltır. Şekil 11.5-f
7. Uygun bir yönlendirme kavşağa girecek sürücüye karar vermesi açısından zaman kazandırır.
8. Yönlendirmede kullanılan orta ada ve ayırıcılar yayalar için sığınma bölgesi olarak kullanıldığı gibi trafik işaretlerinin koyulabileceği yer olarak da yararlanır.



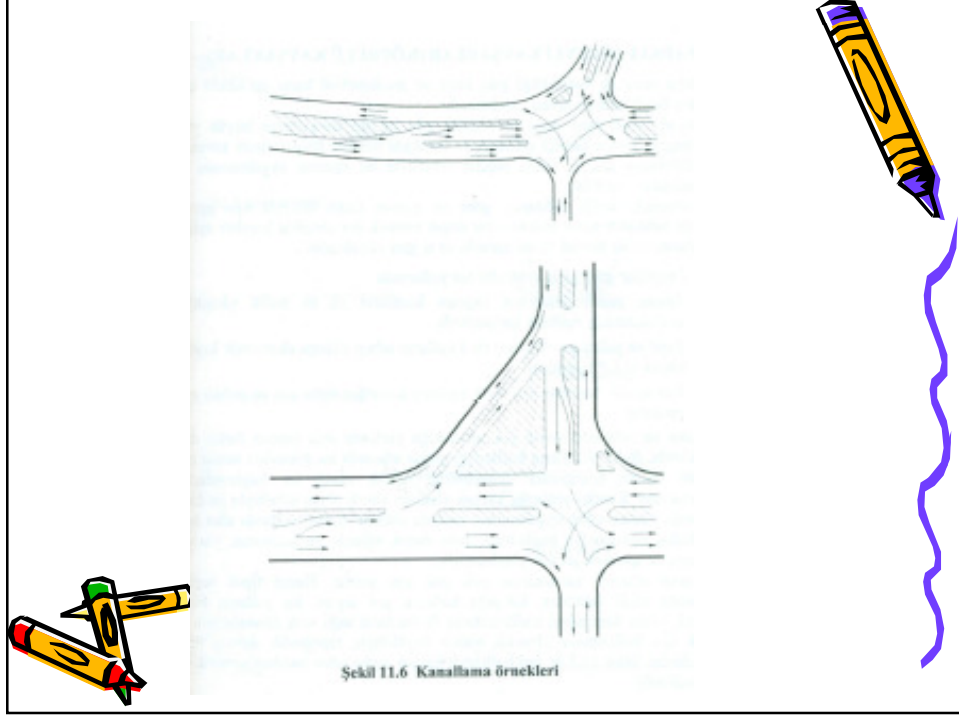




Orta ada ve ayırıcıların yer ve şekillerini belirlemede tavsiye olunabilecek yöntemler,

1. Hemen sabit orta ada veya ayırıcı teşkili yerine, yol yüzeyine çizilecek engel çizgileri ile trafiğin bir süre gözlenip en çok takip edilen yörüngelerin bulunması ve kesin uygulamanın bundan sonra yapılmasıdır.

2. Önce taşıtların çarpması ile herhangi bir zarara yol açmayacak eski otomobil lastikleri ve benzeri bir fiziki engel ile orta adaların ve ayırıcıların teşkil edilmesi ve gözlem sonuçlarına göre yapılacak küçük oynamalarla en uygun yer ve biçimin saptanmasıdır.



### Farklı Düzeyli Kavşaklar (Köprülü Kavşaklar)

Kaza ve gecikmelere karşı en köklü çözüm kavşağın farklı düzeyli tipten yapılmasıdır. Ancak, bu tip kavşakların büyük yatırım gerektirmesi, ayrıca kentiçi yollarda ve özellikle merkez bölgelerinde kavşak için kullanılabilecek alanın sınırlı olması sebebiyle bu tiplerin uygulanması kolay olmamaktadır. Yollardaki trafik miktarına göre ne zaman farklı düzeyli tipe geçilmesi gerektiği hakkında kesin nümerik bir değer vermek zordur.



Aşağıdaki durumlar söz konusu olduğunda Köprülü kavşak tesisi zorunlu ve uygun olmaktadır.

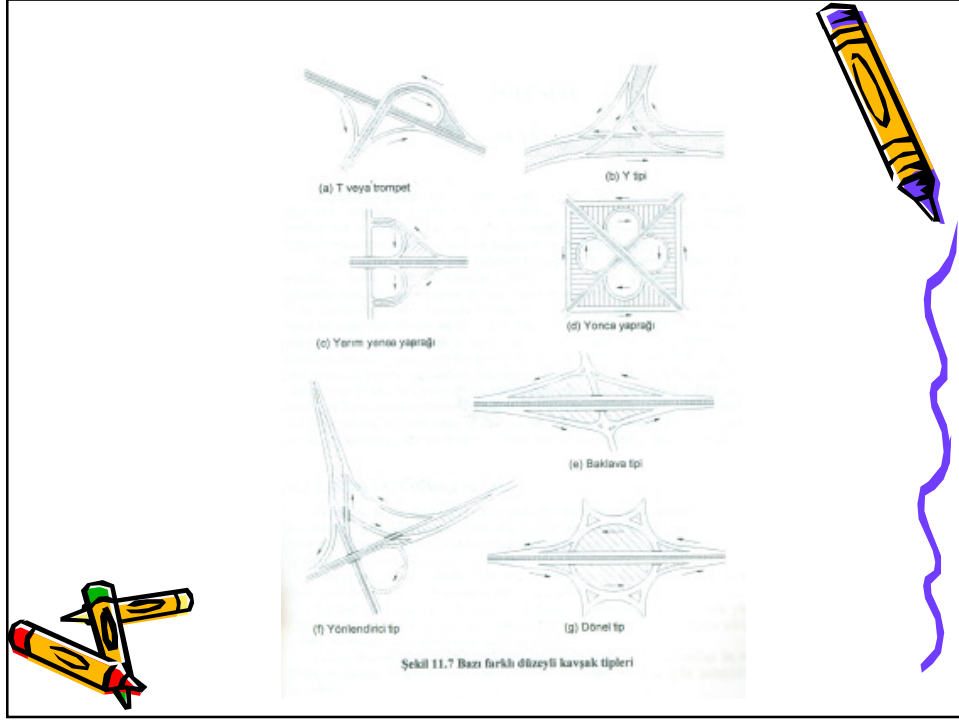
- Otoyollar gibi giriş kontrollü hız yollarında
- Alınan çeşitli yöntemlere rağmen kazaları yada trafik sıkışıklığının azaltılmadığı eşdüzey kavşaklarda
- Taşıt ve yolcu gecikmeleri ile kazaların sebep olduğu ekonomik kayıpların büyük olduğu yerlerde
- Topoğrafik koşullar itibariyle eşdüzey kavşağın daha zor ve pahalı olacağı yerlerde



Farklı düzeyli kavşakların pek çok tipi vardır. Hangi tipin seçileceği hususunda etkili faktörler;

1. Kavşağa birleşen yol sayısı
2. Bu yolların birleşme şekilleri
3. Yollar üzerindeki trafik miktarı ile bunların sağa sola dönenlerinin oranı
4. Kavşak için kullanmaya elverişli alanın büyüklüğü
5. Topoğrafik durum ile mali olanaklar.





## KÖPRÜLÜ KAVŞAK



## DRENAJ

- Su, yol altyapısının inşası sırasında zeminin kolayca sıkıştırılmasına yardımcı olması bakımından kullanılması zorunlu olan bir gereçtir. Üstyapının teşkili sırasında da aynı maksatla sudan yararlanılır. Ancak yapımı tamamlanılıp trafiğe açılan bir yolun gerek yüzey suyu ve gerekse yeraltı suyuna karşı sürekli olarak korunması, suyun yola olan zararlarının önlenmesi bakımından büyük önem taşır. Bundan dolayı bir yol projesinde yolun yüzey suyu ve yer altı suyuna karşı korunması, geçki seçiminden kaplama teşkiline yani yol inşaatının başlangıcından sonuna kadar her aşamada göz önünde tutulur.

## SUYUN YOL ÜZERİNDEKİ ZARARLI ETKİLERİ


Suyun belli bir miktarı, yol gövdesini oluşturan zemini hafif şekilde nemli tutar ve bu surette ince daneler arasında kohezyon temin ederek faydalı bir görev yapar. Fazlası ise,

1. Yol tabanı ve gövdesini oluşturan zemin suya doygun duruma geçerse, trafik yükü altında boşluk suyu basıncı doğar. Böylece, zeminin içsel sürtünme katsayısı azalır, kayma mukavemeti düşer, taşıma gücünde azalma olur.

2. Kil ve silt su ile birleştiklerinde büyük hacim değişimi gösterirler. Bu hacim değişiminden dolayı meydana gelen kabarmalar üstyapıda kırılma ve dağılmalara yol açar.

3. Yol gövdesini oluşturan zeminin bünyesinde serbest, kapiler ve absorbe vaziyette bulunan su donunca önce hacim artması, bunun sonucu üstyapıda kırılmalar meydana gelir. Daha sonra havanın ısınması ile çözülen don zeminin çamurlaşmasına neden olur. Çamurlaşan zemin trafiğin etkisi ile yukarı doğru ilerleyerek alttemel ve temel tabakasının daneli malzemesinin içine girerek kenetlenmeyi önler. Böylece taşıma gücü azalır.

4. Yolun yarma kesimlerinde, yol gövdesine doğru olan yeraltı suyu akımları yarma şevinin stabilitesini bozup heyelana neden olurlar. Aynı durum yüksek dolgu şevleri içinde geçerlidir.




5. Yağışlardan sonra oluşan yüzey suları kaplama ve banket ile yarma ve dolgu şevlerinde erozyona sebep olur.

6. Yağışlı havalarda yol yüzeyinde su birikintileri, taşıt lastiği ile yol yüzeyi arasındaki kayma sürtünme katsayısını azaltır. Hatta yüksek hızlarda lastik ile yol arasındaki teması kesebileceği gibi kazalara sebep olur.



## DRENAJ VE ÇEŞİTLERİ



**Drenaj:** Yol platformu ile yola ait yağış havzasına yağmur dolu ve kar halinde düşen ve doğal yataklarda akan yada çukur yerlerde biriken yüzey suları ile zemin daneleri arasındaki boşluklarda durgun veya akar halde bulunan yer altı sularının yola ve çevreye zarar vermeyecek şekilde kontrol altına alınıp uzaklaştırılmasıdır.





## DRENAJ ÇEŞİTLERİ

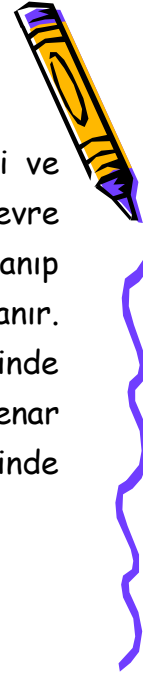
1. Yüzeysel Drenaj
2. Yeraltı Suyu Drenajı

**1. Yüzeysel Drenaj:** Amacı, kaplama, banket ve şev yüzeyinin sürekli olarak akan veya yağış sonucu oluşan akarsulara karşı korunmasıdır.

- 1.a. Kenar Hendekleri
- 1.b. Kafa Hendekleri
- 1.c. Menfezler
- 1.d. Köprüler

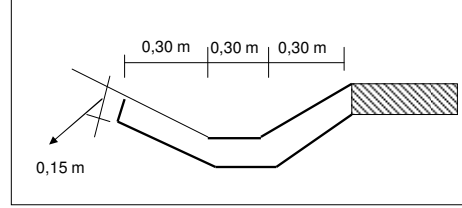
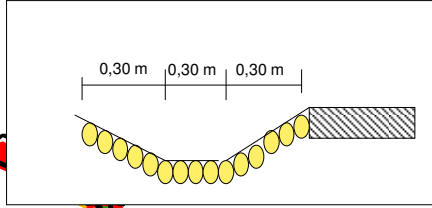
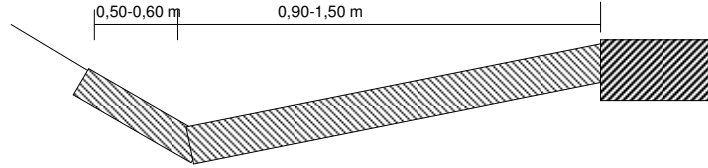
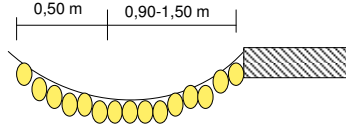


1.a. Kenar Hendekleri: Yol yüzeyi yarma şevleri ve bazı drenaj tesislerinde gelen sularla çevre arazilerden yola akan suların toplanıp uzaklaştırılması kenar hendeklerle sağlanır. Dolgularda yol platformu doğal zeminin üzerinde kaldığından kenar hendek gerekmez. Kenar hendeklerin kesitleri üçgen veya yamuk şeklinde olmak üzere iki türdür.





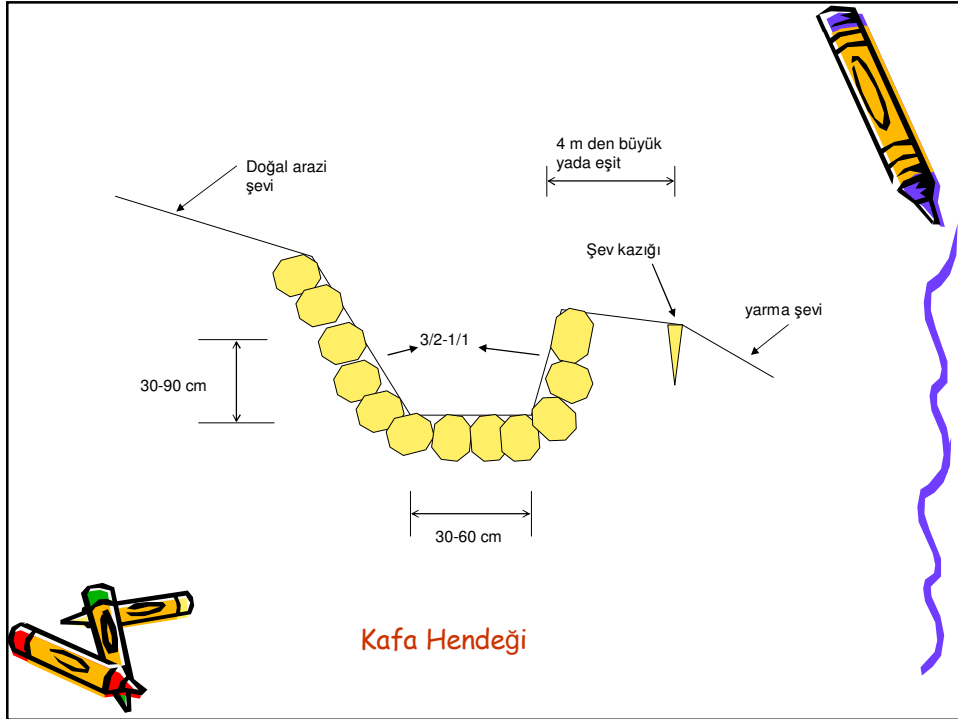
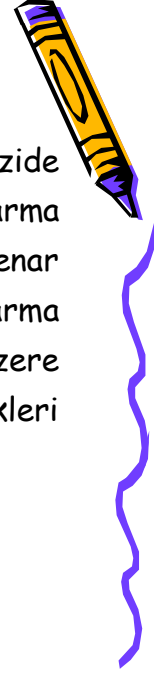
Kaplanmış  
Kenar Hendek  
Tipleri



Kenar hendeklerde derinlik bölgenin yağış durumuna göre 0,40-0,75 m arasında değişir. En doğru yaklaşım bu derinliğin hidrolik esaslar ve manning's bağıntısı ile hesaplanmasıdır. Akış miktarının hesabı menfezler kısmında hesaplanacaktır.



1.b. Kafa Hendeği: Erozyona müsait arazide yamaçlardan gelen yağış ve sızıntı sularının yarma şevlerini bozup sürüntü maddelerinin kenar hendeği doldurmasını önlemek amacı ile yarma şevinin üst çizgisine 4-10 m mesafede olmak üzere şev boyunca inşa edilirler. Kafa hendeği genellikle yamuk kesitte olurlar.

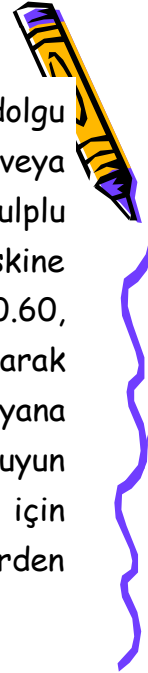


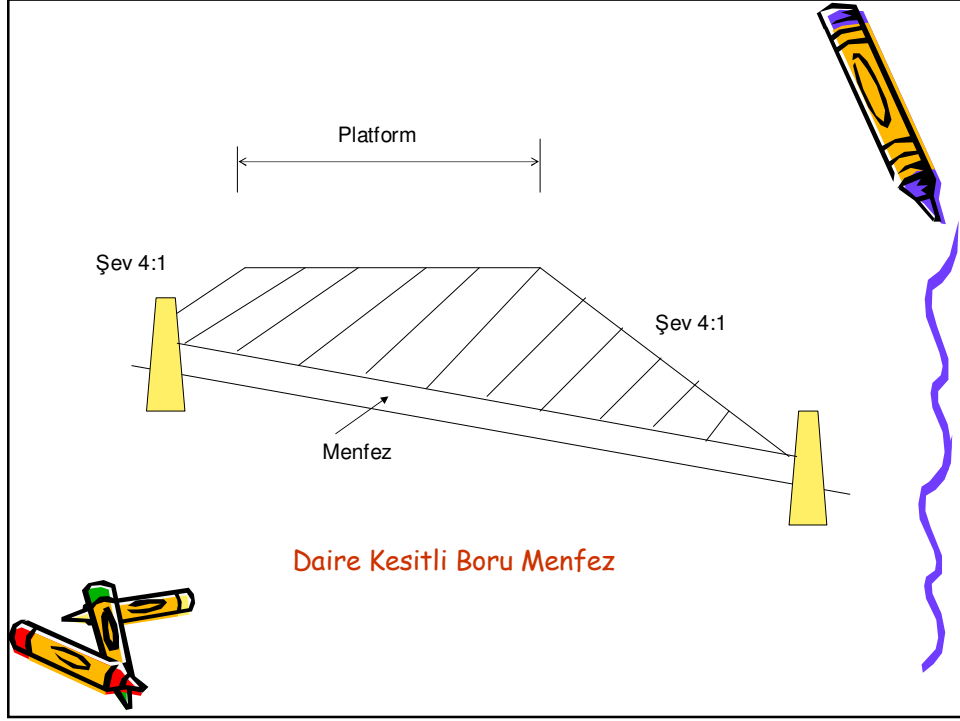
1.c. Menfezler: Sürekli olarak akan yada yağış sonucu oluşan küçük akarsuları yol gövdesinin bir tarafından diğer tarafına geçirmek için kullanılan hidrolik sanat yapılarıdır.

- a. Boru menfezler
- b. Kutu menfezler
- c. Kemerli Menfezler
- d. Tabliyeli Menfezler
- e. Köprüler




a. **Boru Menfezler:** Fazla yüksek olmayan dolgu altlarında kullanılan boru menfezler beton veya betonarme olarak daire kesitli sepet kulplu şeklinde dökülürler. Kırılma ve çatlama riskine karşın yüksek dolgularda kullanılmazlar. 0.60, 0.80, 1.00, 1.20 m çapında olurlar. Tek olarak yada iki veya daha fazlası yan yana kullanılabilirler. Menfeze giren veya çıkan suyun yol dolgusunu aşındırmasını engellemek için memba ve mansap ağızlarına beton veya kagirden taş duvar yapılır.








b. **Kutu Menfezler:** Yüksek dolgu altlarında serbest açıklıkları 1.00, 1.50, 2.00, 2.50, 3.00 m, sebest yükseklikleri de 0.60, 1.00, 1.50, 2.00 ve 3.00 m olan her iki ucunda kanat duvarları bulunan kutu kesitli betonarme menfezlerdir. Tek, iki ve üç gözlü olarak standartlaştırılmışlardır. Kutu menfezlerin tiplerine göre taban, tavan, yan duvarlar ile kanat duvarlarına ait ölçüleri ayrıca kalıp ve demir teçhizatı, dilatasyon derzleri ile ilgili her tür ayrıntı KGM "Standart Kutu Menfez Tipleri" kitabında verilmiştir.



c. **Kemerli Menfezler:** Büzler ve kutu menfezler belli bir dolgu yüksekliğine kadar kullanılabilirdiğinden yüksek dolgular altında, kemerli menfezler uygulanır. Bu menfezler kagir veya beton kemerli olular. KGM tarafından serbest açıklığı 0.70-10 m arasında olan kemerli menfezler için tip projeler vardır.



d. **Tabliyeli Menfezler:** Beton veya taş malzemeden kenar ayaklarla üst tabliyeden oluşurlar. Bu menfezler için açıklıkları 1.20 - 15.70 m arasında değişen muhtelif tip projeler geliştirilmiştir. İki kenar ayak mesnet arasındaki mesafe 8 m'den az ise tabliyeli menfez, 8m 'den fazla ise köprü olarak isimlendirilir. Tabliyeli menfezler ve köprülerde tabliye betonu ara verilmeksizin sürekli bir çalışma ile dökülmelidir. Menfezlerde tabliye, plak şeklinde köprülerde ise kirişlidir. Tabliyeli menfezler ve köprüler genellikle dolgu altına yapılmazlar ve tabliye üst kotu kırmızı kot olarak alınır.



## AKIŞ MİKTARI VE KESİT TAYİNİ

Yüzeysel drenajda kullanılan menfezlerin tip seçimi ve boyutlandırılması için menfeze gelecek su miktarının bilinmesi gerekmektedir. Akış miktarı; belli bir süre içerisinde o bölgede meydana gelebilecek en şiddetli taşkına göre hesaplanır.



- Akış miktarı hesabında

$$Q = \frac{1}{3,6} CIA$$

Rasyonel metod bağıntısı

- Q=Menfeze gelecek maksimum akış miktarı (m<sup>3</sup>/s)
- C=Akışın yağışa oranını gösteren akış katsayısı (boyutsuz)
- I=Toplanma süresine eşit süredeki yağış miktarı (mm/sa)
- A=Söz konusu menfeze gelecek akışla ilgili yağış havzası alanı (km<sup>2</sup>)
  - C=0,80-0,95 (Beton veya asfalt kaplamada)
  - C=0,10-0,30 (Vadi içi ekili arazilerde)



- Menfeze gelecek akış miktarının maksimum değeri bulabilmek için, bağıntıdaki yağış şiddetinin suların toplanma süresi için alınması gerekir.
- Toplanma süresi, yağış havzasının en uzak noktasına düşen yağmur damlasının deşarj noktasına (menfez) ulaşması için gereken zamandır. Aşağıdaki amprik ifade ile hesaplanır.

$$T_c = 0,0078 \left( \frac{L^{1/2} (3,2808)}{H^{1/2}} \right)^{0,77}$$



L=Deşarj noktası ile bu noktaya en uzak yağış havzası noktası arasındaki mesafe (km)

H=Bu iki nokta arasındaki kot farkı (m)

- Bu değer belirlendikten sonra meteorolojik kayıtlara dayalı yağış miktarları, tablolar ve abaklar yardımıyla bulunur. (I) Menfez kesitlerinin tayininde esas olacak Q debisinin belirlenmesinde kullanılan abaklar KGM tarafından hala kullanılmaktadır. Bulunan Q debisini geçirebilecek menfez kesiti belirlenir. Menfez kesiti, taban eğimine ve menfez pürüzlülük katsayısı gibi bazı faktörlere bağlıdır. Mannings bağıntısı ile hesaplanabilir. İlk boyutlandırma için ise, kullanılacak basit ifade Talbot bağıntısıdır.



$$S = 5,791K(\sqrt[4]{A^3})$$

S: Menfez enkesit alanı (m<sup>2</sup>)

A: Yağış havzası alanı (km<sup>2</sup>)

K: Havzanın topoğrafik durumuna bağlı bir katsayı

Düz Arazi	Az Engebeli	Orta Engebeli	Fazla dik arazi
K=1/5	K=1/3	K=2/3	K=1



- **Örnek:** Orta engebeli bir araziden geçen yolda menfeze 4 km<sup>2</sup>lik bir havzadan su gelmektedir. Menfezin ilk boyutlandırmasını yapın.

$$S = 5,791K(\sqrt[4]{A^3})$$

$$S = 5,791 * 2/3 * (\sqrt[4]{4^3}) = 10,92 \text{ m}^2$$

Buna göre, iki gözlü ve 2x3 m lik kutu menfez uygun bir tip olabilir.



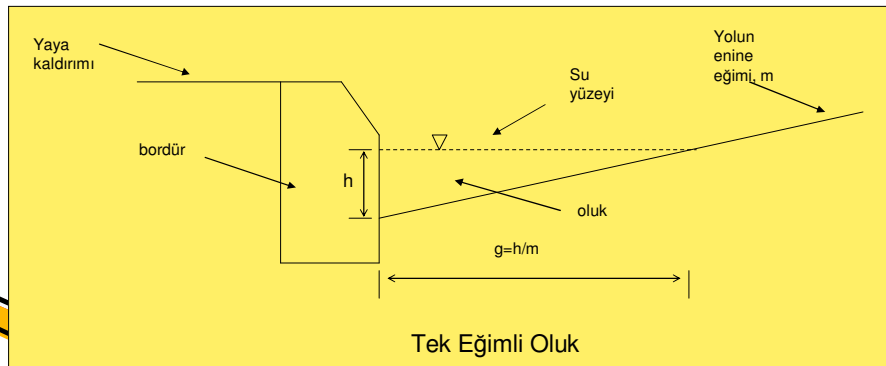


## Kentiçi Yollarda Oluk ve Rögarlar

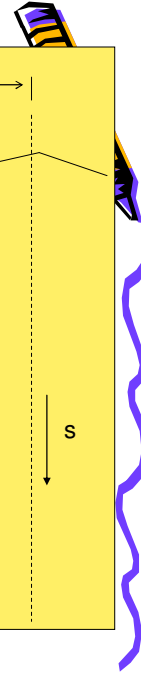
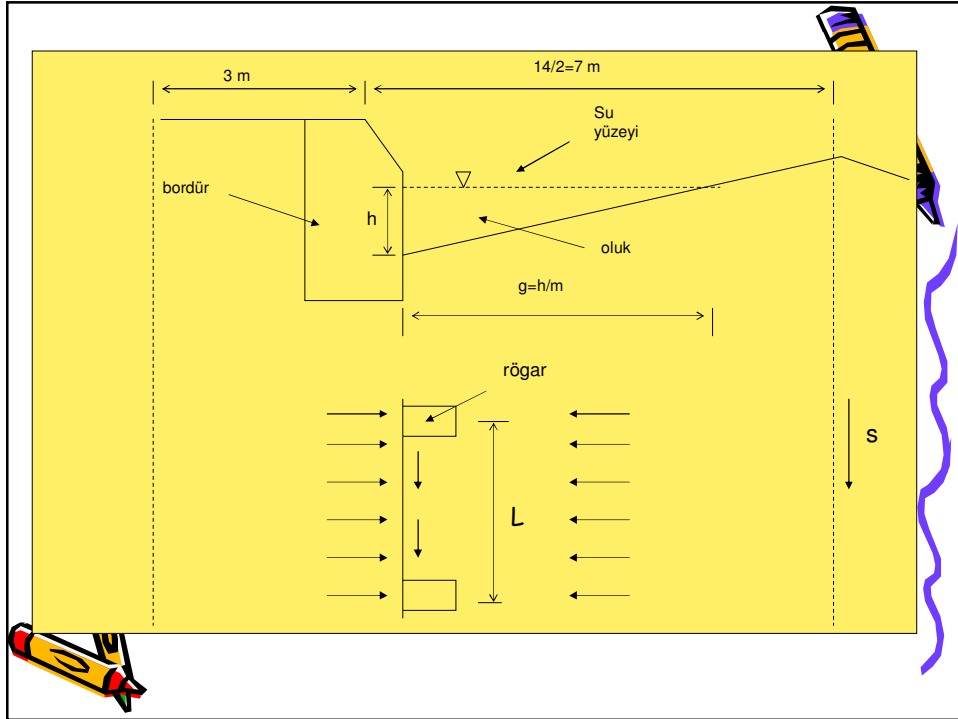
- Kentiçi yollarda kenar hendeklerin görevini bordür kenarında tesis edilen bordür oluğu olarak isimlendirilen kısımlar yerine getirirler. Kaplamanın her iki yanındaki bu oluklar üzerinde bulunan rögarlar (bacalar) vasıtasıyla kanalizasyon şebekesine verilirler. Bir oluğun su akıtma kapasitesi,
  - Oluk enkesitine
  - Boyuna eğime
  - Yüzey pürüzlülük katsayısına bağlıdır.

Şekildeki gibi suyun yayılma genişliği (g), olukta akan suyun bordür kenarındaki yüksekliği ise (h) alındığında oluğun su akıtma kapasitesi (lt/sn) olarak,

$$Q = 0,00175 \frac{1}{m * n} S^{1/2} h^{8/3}$$



- **Örnek:** Yağış şiddeti 50 mm/sa olan bir bölgede yapılacak asfalt bir yolda boyuna eğim 0,03, enine eğim 0,02, platform genişliği 14 m, yaya kaldırımı genişliği 3 m, oluk pürüzlülük katsayısı 0,015 ve akış katsayısı 0,90 dır. Sadece yol yüzeyi ile yaya kaldırımına düşen yağışın nazara alınması durumunda, bordür oluğunda akacak suyun yayılma genişliğinin 2 m'yi aşmaması için oluk üzerinde tesis olunacak rögarlar arasındaki uzaklık ne olmalı?



- Bir röğara gelecek suyun miktarı rasyonel metod bağıntısına göre hesaplanır.

- Taşkın Debisi,

$$Q = \frac{1}{3,6} CIA = \frac{1}{3,6} 0,90 * 50 \left( \frac{0,014}{2} 0,003 \right) * L = 0,131L \text{ m}^3/\text{sn}$$

- Oluktaki Su yüksekliği,
- $H=g*m=2*0,02=0,04 \text{ m}=4 \text{ cm}$
- Oluğun su akıtma kapasitesi,

$$Q = 0,00175 \frac{1}{m * n} S^{1/2} h^{8/3} = 0,00175 \frac{1}{0,02 * 0,015} 0,03^{1/2} 0,04^{8/3}$$

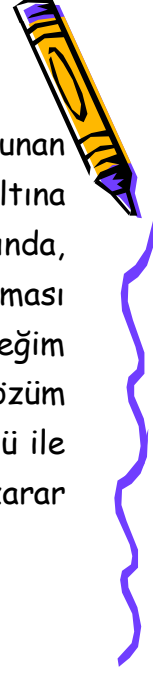
$$Q = 0,0407 \text{ m}^3/\text{sn}$$

$$0,131L = 0,0407 \text{ m}^3/\text{sn} \Rightarrow L = 310 \text{ m}$$

Bordür oluğu ve röğarla ilgili hesaplarda kullanılmak üzere çeşitli abaklar geliştirilmiştir. Bu abaklarla birlikte röğar ve ızgara detay resimleri KGM tarafından hazırlanan "Büro ve arazi işleri için tip ve tablolar" kitabında verilmiştir.

## Yeraltı Drenajı

Amaç, yol kaplaması altındaki zeminde bulunan suyun yola zarar vermeyecek şekilde kontrol altına alınıp uzaklaştırılmasıdır. Yer altı suyu drenajında, öncelikle yüzeysel suların yol gövdesine sızması engellenmelidir. Yola yeteri kadar enine eğim vermek, su geçirmez kaplama inşa etmek çözüm olabilir. Daha sonra, yapılacak bir drenaj etüdü ile geliştirilecek dren yöntemi ile su yola zarar vermeyecek bir seviyede tutulur.



## Yer altı Suyu Drenaj Etüdü

Dren tesisleri projelendirilmeden önce,

1. Drene edilecek zeminin yapısı
2. Yer altı su seviyesi derinliği
3. Yer altı suyunun akış yönü ve debisi

Bilinmesi gerekir.

Bunun için,

1. Arazi araştırması
2. Zemin araştırması ve sondajlar
3. Yer altı suyunun gözlenmesi
4. Analiz ve değerlendirme yapılır.



## Yer altı Drenaj Tesisleri

1. Kör Drenler
2. Borulu Drenler
3. Kılçık Drenler en yaygın olanlarıdır.

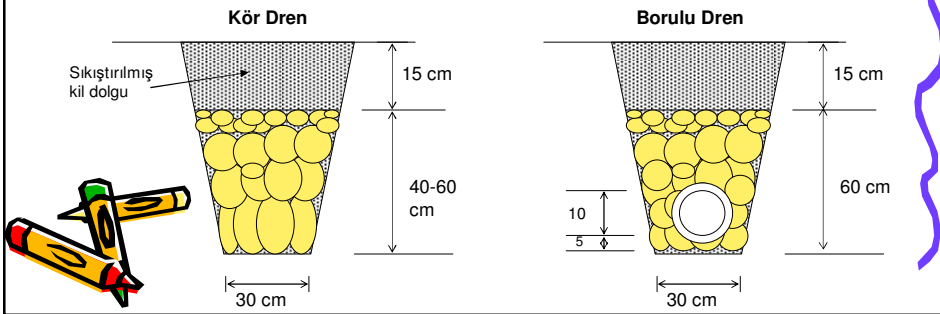
Heyelanlı bölgelerde ise,

1. Drenaj Galerileri
2. Yatay Drenler
3. Düşey Drenler (Killi Zeminlerde)



### 1) Kör Drenler

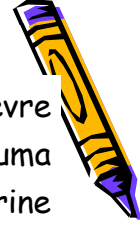
- Yer altı suyu düzeyinde az miktarda suyu indirmenin yeterli olabileceği yerlerde taş dolgulu drenler kullanılır. Fransız tipi dren denir. Kırmızı taş, çakıl gibi aşağıdan yukarıya doğru iriliği azalan bir dolgu yapılıır. En üst kısımda ise, kil gibi su geçirmez bir malzeme tabakası bulunur.



- K r drenlerin tesisi dikkatli yapılırsa zamanla evre koşullarından dolayı tıkanır ve işlemez duruma gelebilirler. Bu sebeple bu drenlerin yerine mümkünse borulu drenler kullanılmalıdır.

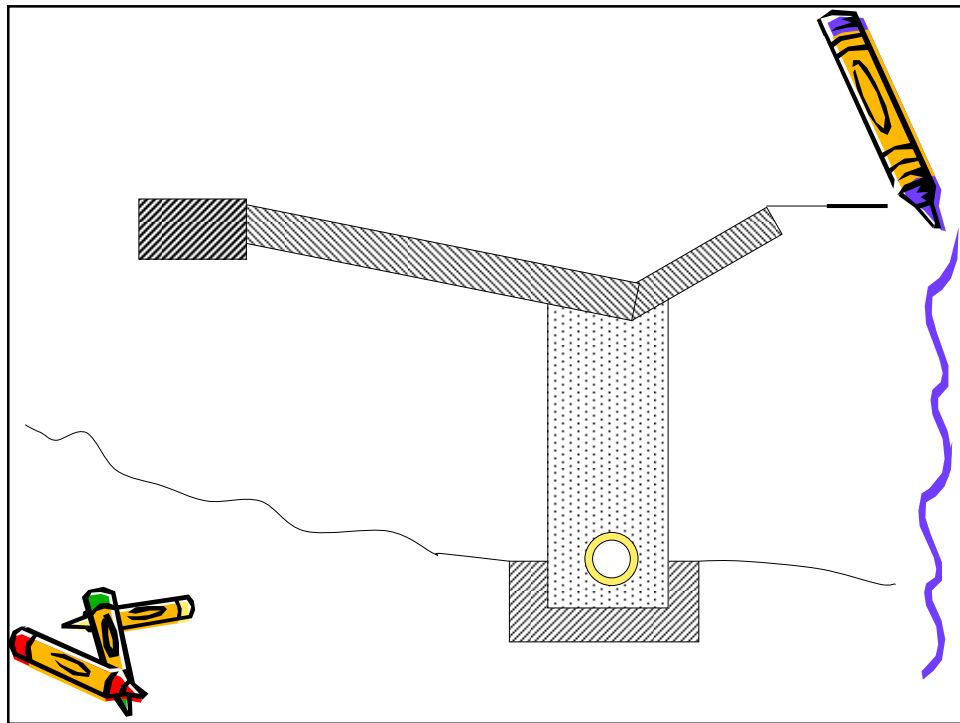
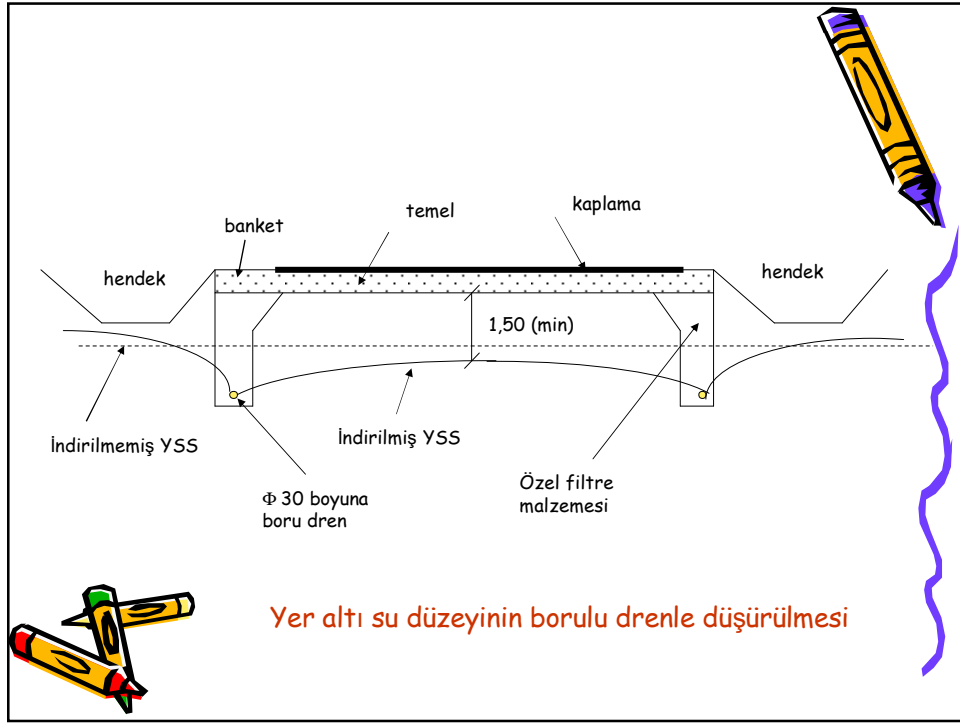
## 2) Borulu Drenler

En çok kullanılan bu drenlerde pişmiş kil borular, astbestli imento borular, delikli veya deliksiz beton borular ile sac borular ya da PVC borular kullanılır. Tıkanma süreleri uzun olduğundan delikli beton büzler, deliksiz olanlara tercih edilir. Tıkanmayı önlemek için borular delikli kısımları aşağıya gelecek şekilde yerleştirilir.



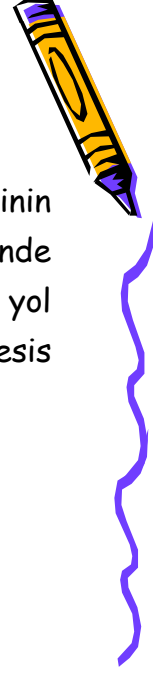
Dren sisteminin ömrünü uzatmak için borunun granüler bir malzeme veya özel gran lometrili bir filtre malzemesi ile örtülmesi gerekmektedir. Dren borusuna gelebilecek su miktarının hesabı ve buna bağlı olarak çap seçimi ayrıntılı hesap gerektirir. 24 saatlik bir sürede drene edilecek 6-9 mm yükseklikteki bir su kütlesinin uzaklaştırılması öngörülür. Uygulamada 15 cm'den daha büyük çaplı borular kullanılır.





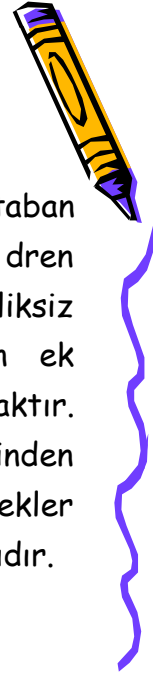
### 3) Kılçık Drenler

Özellikle yarma içlerinde yol gövdesinin oturduğu taban zemini sürekli yer altı suyu etkisinde kalır. Bu gibi yerlerde yol gövdesinin altında yol eksenine ile belli bir açı yapan enine drenler tesis edilir.



### Drenlerin Tesisi

Dikkat edilecek hususlardan birisi, hendek taban eğimlerinin doğru olarak verilmesidir. Aksi halde dren sistemi çalışmaz. Minimum eğim 0,005 tir. Deliksiz beton boru kullanılıyorsa su akışı boruların ek yerlerinde bırakılan açıklıklardan sağlanacaktır. Boşluklu beton veya delikli borularda ek yerlerinden bitümlü bir malzemeyle kapatılmalıdır. Hendekler genel olarak boru çapının 3 katı genişlikte açılmalıdır.





### Filtre Malzemesi

Yer altı drenajında kullanılacak filtre malzemesinin granülometrisi ince malzemeyle kısa sürede tıkanmayacak şekilde yüksek geçirgenlik özelliğinde olmalıdır.

$D_{15}F$ : elek analizinde, filtre malzemesinin ağırlıkça %15'inin geçebildiği elek çapı

$D_{85}Z$ : elek analizinde, drenaj hendeğinin açıldığı yerdeki yani filtre malzemesinin çevresindeki zeminin ağırlıkça %85'inin geçebildiği elek çapı

$D_{15}Z$ : elek analizinde, hendeğinin açıldığı yerdeki zeminin ağırlıkça %15'inin geçebildiği elek çapı

$$\frac{D_{15}F}{D_{85}Z} \leq 5 \quad (1)$$

$$\frac{D_{15}F}{D_{15}Z} \geq 5 \quad (2)$$

Koşulları sağlanmalıdır.

(1) : Filtre malzemesinin tıkanmamasını sağlayan koşul

(2) : Yeterli drenaj kapasitesindedir.

Eğer drenajda delikli boru kullanılacaksa (1), (2) koşulu sağlandıktan sonra (3) nolu koşulda sağlanmalıdır. d: Delikli borunun delik çapı

$$D_{85}F \geq 2d \quad (3)$$

- Ülkemizde filtre malzemesi olarak beton kumu kullanılmaktadır.

Tip A		Tip B	
ASTM Eleği	% Geçen	ASTM Eleği	% Geçen
318 inç	100	318 inç	100
No:4	95-100	No:4	95-100
No:16	45-80	No:10	74-90
No:50	10-30	No:16	45-80
No:100	2-10	No:100	2-10

### Diğer Yer altı Dren Sistemleri

Heyelan tehlikesi bulunan bölgelerde uygulanan drenaj galerileri, yatay drenler, kemer-taş drenler ile bataklık bölgelerde yüksek dolgular için oluşturulan düşey kum drenleri diğer dren sistemleridir.

### Dren Sistemlerin Bakımı

Tüm drenajlarda ilgili tesislerin beklenen hizmet süresinde görevini yerine getirebilmesi için bakıma ihtiyaç duyulur. Yağış mevsimi başında ve sonunda kenar hendekler, kafa hendekleri, menfezler temizlenir. Yer altı suyu dren tesislerinde ise, deşarj noktaları çalı, buz, kar v.b. maddelere karşı korunmalı, kırılmalar, bozulmalar onarılmalıdır.

